

**STUDI PEMODELAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN
MENGUNAKAN METODE GAYA BERAT DI DAERAH
PANAS BUMI KEC. LASUSUA KAB. KOLAKA UTARA**



Skripsi

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar
Sarjana Sains Jurusan Fisika
Pada Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar**

Oleh:

NUR AIDA RAHIMA SAM

NIM. 60400113059

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
2020**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

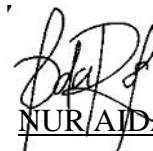
Mahasiswa yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nur Aida Rahima Sam
NIM : 60400113059
Tempat/Tgl.Lahir : Lasusua/16 Juli 1995
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Alamat : Jln.Tamalate 8 No. D50, Makassar
Judul Proposal : Studi Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Menggunakan
Metode Gaya Berat Di Daerah Panas Bumi Kec. Lasusua
Kab. Kolaka Utara

Menyatakan dengan sesungguhnya dan penuh kesadaran bahwa skripsi ini benar adalah hasil karya sendiri. Jika dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan duplikat, tiruan, plagiat, atau dibuat oleh orang lain, sebagian atau seluruhnya, maka skripsi ini dan gelar yang diperoleh karenanya batal demi hukum.

Samata-Gowa, 10 Februari 2020

Penulis,



NUR AIDA RAHIMA SAM





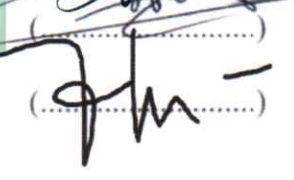
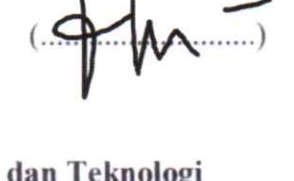
Nim: 60400113059

PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul **“Studi Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Gaya Berat di Daerah Panas Bumi Kec. Lasusua Kab. Kolaka Utara”**, yang disusun oleh **NUR AIDA RAHIMA SAM**, NIM: **60400113066** Mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam sidang munaqasyah yang diselenggarakan pada hari Senin, tanggal 10 Februari 2020 M, bertepatan dengan 16 Jumadil Akhir 1441 H, dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk meraih gelas sarjana dalam ilmu Sains dan Teknologi, Jurusan Fisika (dengan beberapa perbaikan).

Gowa, 10 Februari 2020 M.
16 Jumadil Akhir 1441 H.

DEWAN PENGUJI

Ketua	: Prof. Dr. Muhammad Halifah Mustami, M.Pd. (.....)	
Sekretaris	: Ihsan, S.Pd., M.Si (.....)	
Munaqisy I	: Rahmaniah, S.Si., M.Si (.....)	
Munaqisy II	: Dr. Hasyim Haddade, S.Ag., M.Ag. (.....)	
Pembimbing I	: Muh. Said. L., S.Si., M.Pd. (.....)	
Pembimbing II	: Ayusari Wahyuni, S.Si., M.Sc. (.....)	

Diketahui Oleh
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar



Prof. Dr. Muhammad Halifah Mustami, M.Pd
NIP. 19710714022000031001

KATA PENGANTAR



Puji Syukur kami panjatkan kehadirat Allah swt karena dengan rahmat dan karunia-Nya sehingga sampai saat ini penulis masih diberikan kenikmatan dan kesehatan. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada tauladan kita Nabi Agung Muhammad saw, yang telah menuntun manusia menuju jalan kebahagiaan hidup di dunia dan di akhirat.

Alhamdulillah penulis telah berhasil menyelesaikan penelitian skripsi yang berjudul **“Studi Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Gaya Berat Di Daerah Panas Bumi Kec. Lasusua Kab. Kolaka Utara”**. Pada kesempatan kali ini, penulis ingin menghaturkan rasa terimakasih dan rasa hormat yang tiada hentinya kepada kedua orang terkasih dalam hidup penulis yaitu Ayahanda **Salerang** dan Ibunda **Muliati** yang selalu memberikan perhatian, dukungan serta motivasinya yang merupakan sumber semangat bagi penulis.

Tersusunnya skripsi ini berkat bantuan berbagai pihak yang telah mendorong dan membimbing penulis, baik tenaga, ide-ide, maupun pemikiran. Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu hingga selesainya penulisan skripsi ini, dan kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. H. Hamdan Juhanis, MA., Ph.D.**, selaku Rektor UIN Alauddin Makassar, periode 2019-2024.

2. Bapak **Prof. Dr. Muhammad Halifah Mustami, M.Pd.**, selaku Dekan Fakultas Sains Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar.
3. Bapak **Ihsan, S.Pd., M.Si.**, selaku Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Sain dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
4. Bapak **Muh. Said. L, S.Si., M.Pd.**, selaku sekertaris Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar dan sekaligus sebagai pembimbing 1 yang telah banyak berkontribusi dan memberikan masukan kepada penulis selama penyusunan skripsi.
5. Ibunda **Ayusari Wahyuni, S.Si., M.Sc.**, selaku pembimbing 2 yang telah mencurahkan ilmu dan waktu untuk membimbing penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Ibunda **Rahmaniah, S.Si., M.Si.**, dan Bapak **Dr. Hasyim Haddade, S.Ag., M.Ag.**, selaku penguji I dan II yang telah memberikan kritikan dan saran yang membangun untuk perbaikan skripsi ini.
7. Bapak **Richard Lewerissa, S.Si., M.Sc., Ph.D.**, yang telah memberi arahan dan saran dalam penelitian ini.
8. Bapak Ibu Dosen dan Laboran Jurusan Fisika yang selama ini berkontribusi banyak dalam penyelesaian tugas akhir penulis.
9. Semua Staf Tata Usaha fakultas Sains dan Teknologi dan jurusan Fisika terima kasih atas bantuannya.
10. **Sudarmadi Alimin** dan **Adi Maher Zamhuri**, yang telah mengajarkan berbagai *software* serta membantu tiada hentinya sejak awal penyusunan skripsi.

11. **Dian Pratiwi**, yang telah banyak mengajarkan tentang metode gravity.
12. Saudara-saudaraku tersayang **Awaldy Muharram Sam, Multasyam Muhammad** dan **Tri Wahyudi Putra Sam** serta **A. Reyn Meshach Ilpam** yang selalu memberi semangat dalam bentuk apapun.
13. Saudara-saudari seperjuanganku **ASAS BLACK**.
14. **Geng Magang BPPTKG**, yang telah memberi banyak saran serta semangat dalam penyusunan skripsi ini.
15. Kepada keluarga besar Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi serta rekan-rekan organisasi **Ihamafi** dan **HMGI**.
16. Kepada semua pihak yang tidak sempat penulis tuliskan satu persatu dan telah memberikan kontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian studi, penulis mengucapkan banyak terima kasih atas bantuannya.

Semoga Allah swt memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semuanya. Akhirnya, hanya kepada Allah swt penulis serahkan segalanya, mudah-mudahan dapat bermanfaat khususnya bagi penulis umumnya bagi semua.

Samata-Gowa, 10 Februari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR SIMBOL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN TEORITIS	6
2.1 Perspektif Al-Qur'an Tentang Panas Bumi (<i>Geothermal</i>)	6
2.2 Geologi Regional	13
2.3 Panas Bumi	15
2.4 Metode Gravitasi	23
2.5 Koreksi Data Gravitasi dan Pemisahan Anomali	28
2.6 Rapat Massa Batuan	40
BAB III METODE PENELITIAN	43
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	43
3.2 Alat dan Bahan	43
3.3 Prosedur Pengolahan Data	44
3.4 Diagram Alir Penelitian	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Hasil Penelitian	48
4.2 Pembahasan	58
BAB V PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
RIWAYAT HIDUP	67
LAMPIRAN – LAMPIRAN	L1

DAFTAR TABEL

No Keterangan	Halaman
2.1 Tipe Sistem Panas Bumi di Indonesia dan Estimasi Awal Potensi Energinya	18
2.2 Nilai Densitas Batuan	41
4.1 Data Gravity Observasi dan Data <i>Free Air Anomali</i>	48



DAFTAR GAMBAR

No Keterangan Gambar	Halaman
2.1 Peta Geologi Regional Kec. Lasusua	13
2.2 Proses Terjadinya Panas Bumi	16
2.3 Diagram Vektor Percepatan Gravitasi δg Dari Suatu Benda Anomali	26
2.4 Ilustrasi Variasi Percepatan Gravitasi Disepanjang Sumbu x Akibat Adanya Benda Titik Bermassa m	26
2.5 Koreksi Bouguer	32
2.6 Koreksi Topografi	32
2.7 Ilustrasi <i>Trend Surface</i> Linear	36
3.1 Peta Lokasi Penelitian	43
4.1 Anomali Bouguer Lengkap	50
4.2 Anomali Regional	52
4.3 Anomali Residual	53
4.4 Lintasan Pemodelan Struktur Bawah Permukaan	55
4.5 Penampang Hasil Pemodelan Lintasan S1-S1'	56
4.6 Penampang Hasil Pemodelan Lintasan S2-S2'	57

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
\vec{F}	Gaya gravitasi	N
R	Jari-jari bumi	m
M_e	Massa bumi	kg
m	Massa Benda yang berada dipermukaan bumi	kg
G	Konstanta gravitasi universal ($6,6732 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$)	
\vec{g}	Medan gravitasi bumi	m/s^2
U	Potensial gravitasi	J/kg
g	Percepatan gravitasi	m/s^2
g_{ps}	Koreksi pasang surut	mGal
φ	Sudut lintang	derajat
c	Jarak rata-rata titik m ke bulan	m
g_φ	Gravitasi normal pada lintang φ	mGal
g_B	Koreksi Bouguer	mGal
ρ	Rapat massa batuan rata-rata	kg/m^3
h	Ketinggian	mg
g_{obs}	Nilai gravitasi observasi	mGal
KUB	Koreksi udara bebas	mGal
n	Jumlah segmen dalam zona tersebut	
r_L	Radius luar komponen	
r_D	Radius dalam komponen	
TC	Koreksi medan	mGal
g_{ABL}	Anomali regional lengkap	mGal
g_{reg}	Anomali regional	mGal
g_{res}	Anomali Residual	mGal

Z_{obs_i}	Nilai yang diobservasi pada titik ke-i
$f(x_i, y_i)$	Komponen regional pada titik ke-i
x_i	Koordinat pada arah x pada titik ke-i
y_i	Koordinat pada arah y pada titik ke-i
u_i	Komponen regional pada titik ke-i
I	Titik/stasiun ke-i ($i=0,1,2,3,...n$)
S	Jumlah kuadrat residual
n	Jumlah data
A	Matriks $m \times m$
\vec{x}	Vektor kolom (matriks $n \times 1$, $n = [a_0, a_1, a_2]$)
\vec{g}	Vektor kolom (matriks $n \times 1$)
m	Orde persamaan persamaan polinomial
σ	Standar deviasi

DAFTAR LAMPIRAN

No Lampiran	Halaman
1 Data Sekunder	L1
2 Pengolahan Data	L3
3 Hasil Pengolahan Data	L13
4 Peta	L15
5 Persuratan	L19



ABSTRAK

Nama : Nur Aida Rahima Sam

NIM : 60400113059

**Judul : Studi Pemodelan Struktur Bawah Permukaan
Menggunakan Metode Gaya Berat Di Daerah Panas Bumi
Kec. Lasusua Kab. Kolaka Utara**

Telah dilakukan analisis pemodelan bawah permukaan menggunakan metode gaya berat di daerah panas bumi kecamatan Lasusua kabupaten Kolaka Utara yang bertujuan untuk mengetahui pemodelan struktur bawah permukaan dan mengetahui potensi panas bumi. Metode gaya berat digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan pada daerah penelitian dengan memanfaatkan variasi densitas yang terdistribusi dalam lapisan tanah. Pemodelan bawah permukaan dilakukan dengan *software Geosoft Oasis Montaj* dengan menggunakan menu *GM-SYS* sehingga dapat diketahui lapisan batuan di daerah penelitian yakni formasi ofiolit yang merupakan batuan intrusi dengan densitas $3,07 \text{ mg/m}^3$, batuan malihan dengan densitas $4,7 \text{ mg/m}^3$, batu serpih $1,72 \text{ mg/m}^3$, batuan pasir $2,1 - 2,6 \text{ mg/m}^3$, batuan kuarsit $2,98 \text{ mg/m}^3$ dan basement $3,6 \text{ mg/m}^3$. Dari hasil pemodelan terdapat batuan intrusi sebagai sumber panas pada daerah penelitian dan terdapat spot mata air panas yang diduga merupakan hasil dari rembesan rekahan batuan yang menyebabkan adanya fluida yang keluar di atas permukaan sebagai manifestasi panas bumi dan juga terdapat model sistem panas bumi dimana basement sebagai alas, batuan pasir sebagai reservoir untuk menyimpan manifestasi panas bumi dan bagian atasnya terdapat batuan malihan sebagai batuan penudung.

Kata kunci : Metode Gravity, Geothermal, Pemodelan Geofisika, Oasis Montaj

ABSTRACT

Name : Nur Aida Rahima Sam

NIM : 60400113059

Title : Study of Under Surface Structure Modelling by Using Gravity Methods in Geothermal Areas at Lasusua Sub-District of Kolaka Utara District

An analysis under surface structure modelling by using gravity methods in geothermal area at Lasusua Sub-District of Kolaka Utara District which aims to know the modelling of under surface structure and to find out geothermal potential. The gravity method is used to determine under surface condition in the research area by utilizing the density variations distributed in the soil layer. Under surface modelling is done with *software Geosoft Oasis Montaj* by using *GM-SYS* menu so that it can be known rock layers in the research area that is ofiolit rock which is intrusion rock with density $3,07 \text{ mg/m}^3$, b malihan rocks with density $4,7 \text{ mg/m}^3$, shale $1,72 \text{ mg/m}^3$, sandstone $2,1 - 2,6 \text{ mg/m}^3$, quartzite $2,98 \text{ mg/m}^3$ and basement $3,6 \text{ mg/m}^3$. From the result of the modeling there are intrusion rocks as heat sources in the research area and there is a hot spring spot that is thought to be the result of seepage of fractured rocks which causes the fluid that comes out on the surface as a manifestation of geothermal energy and there is also a geothermal system model in which the basement is the base, the sandstone is the reservoir for storing geothermal manifestations and upper part is malihan rock as the caprock.

Keywords : Gravity Method, Geothermal, Geophysics Modelling, Oasis Montaj

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan kebutuhan energi di dunia akan minyak dan gas bumi sebagai sumber energi yang utama cenderung meningkat seiring dengan pertambahan waktu. Sebagai sumber energi, minyak dan gas bumi memiliki kekurangan yaitu jumlahnya yang terbatas dan dampak pencemaran lingkungan yang dihasilkan.

Kebutuhan dunia yang meningkat akan energi sekarang ini serta ditambah dengan terbatasnya jumlah minyak dan gas bumi yang tersedia merupakan permasalahan yang harus dicari solusinya. Salah satu cara untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah dengan menggunakan energi alternatif yaitu energi panas bumi sebagai pengganti minyak dan gas bumi. Berbeda dengan minyak dan gas bumi, panasbumi merupakan sumber energi yang relatif bersih dan dapat diperbaharui. Energi panas bumi sendiri adalah energi panas yang tersimpan dalam batuan di bawah permukaan bumi dan fluida yang terkandung di dalamnya. Penggunaan panas bumi sebagai sumber energi dimulai pada awal abad 20, ketika listrik pertama kali dihasilkan dari uap panas bumi di Larderello, Italia pada tahun 1904 (Gupta and Roy, 2007).

Dalam pencarian dan eksplorasi sumber energi panas bumi, metode geofisika memiliki peranan yang sangat penting. Metode geofisika dimanfaatkan dalam menentukan konfigurasi struktur geologi dan komposisi bawah permukaan dengan menggunakan parameter fisika. Salah satu metode geofisika tertua dan paling sering digunakan dalam eksplorasi panas bumi adalah metode gravitasi atau

gaya berat. Studi gaya berat menggunakan perubahan rapat massa untuk melihat karakteristik sifat bawah permukaan termasuk badan batuan intrusif yang mana sangat penting untuk menentukan potensi panas bumi. Metode gaya berat juga dapat mengidentifikasi jalur patahan bawah permukaan. Jalur patahan ini sering diidentifikasi sebagai lokasi pengeboran utama dengan rapat massa yang jauh lebih kecil daripada materi sekitarnya. Perubahan tingkat air tanah juga dapat diukur dan diidentifikasi menggunakan metode gaya berat. Unsur resapan sangat penting dalam menciptakan panas bumi yang produktif. Kerapian dan kepadatan pori keseluruhan selanjutnya dipengaruhi oleh aliran fluida sehingga mengubah medan gravitasi (Ahmad, 2015).

Menurut penelitian sebelumnya Hermawan, dkk (2011) daerah Sulawesi bagian tenggara memiliki potensi panas bumi yang tersebar dari daratan sulawesi hingga pulau Buton. Pembentukan sistem panas bumi di Sulawesi Tenggara dipengaruhi oleh gabungan antara pengaruh pola struktur geologi dan aktivitas magmatik dikedalaman.

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Kristianto, dkk (2011) pada daerah manifestasi panas bumi Riso Kabupaten Polewali Mandar menggunakan 3 metode salah satunya menggunakan metode gaya berat yang menunjukkan nilai anomali Bouguer tinggi pada daerah penelitian.

Permandian air panas Watu Mokula Desa Batuganda Kec. Lasusua Kab. Kolaka Utara diduga mempunyai potensi manifestasi panas bumi karena terdapat sumber air panas yang keluar dari bebatuan dan tercium bau belerang saat berada di lokasi permandian. Menurut studi sebelumnya oleh Surono (2010) daerah

Kolaka Utara tepatnya terdapat sesar geser sinistral yang mulai aktif setelah proses kolosi yang terjadi pada Miosen Awal.

Berdasarkan kebutuhan akan energi panas bumi yang semakin meningkat maka dilakukan penelitian di daerah kecamatan Lasusua untuk mengetahui potensi panas bumi dengan menggunakan data sekunder yang dapat diketahui dengan menggunakan metode gaya berat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka dirumuskan pokok permasalahan dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pemodelan struktur bawah permukaan di daerah panas bumi dengan menggunakan metode gaya berat (*gravity*)?
2. Bagaimana potensi panas bumi pada daerah Kec. Lasusua melalui pemodelan struktur bawah permukaan menggunakan metode gaya berat (*gravity*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pemodelan struktur bawah permukaan di daerah panas bumi dengan menggunakan metode gaya berat (*gravity*).
2. Untuk mengetahui potensi panas bumi pada daerah Kec. Lasusua melalui pemodelan struktur bawah permukaan menggunakan metode gaya berat (*gravity*).

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka batasan masalah yang dikaji pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Area penelitian ini berada di Kec. Lasusua Kab. Kolaka Utara dengan titik pengamatan dibatasi oleh koordinat $3^{\circ}28'7,38''$ $-3^{\circ}37'33,68''$ LS dan $120^{\circ}52'50,04''$ $-121^{\circ}9'0,12''$ dengan luas wilayah 509 km^2 .
2. Penelitian ini difokuskan untuk mengkaji daerah potensi panas bumi.
3. Metode yang digunakan adalah metode gaya berat (*gravity method*) untuk memodelkan struktur bawah permukaan.
4. Data penelitian yang digunakan bersifat data sekunder berupa data gravity dimana data tersebut merupakan data yang diperoleh dari Global Gravity Model Plus (GGMplus) 2013.
5. Data gravity yang diolah pada penelitian ini merupakan data gravity pada tahun 1900 sampai tahun 1928.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat untuk mahasiswa

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan untuk mengetahui struktur bawah permukaan pada daerah panas bumi. Selain itu, karena kurangnya data penelitian geofisika pada daerah Kolaka Utara diharapkan hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memperkaya pengetahuan dan menjadi referensi untuk mahasiswa maupun peneliti lain yang akan meneliti di daerah panas bumi Watu Mokula.

2. Manfaat untuk masyarakat

Sebagai informasi awal bagi masyarakat setempat tentang adanya potensi panas bumi di daerah tersebut.

3. Manfaat untuk pemerintah

Sebagai informasi bahwa adanya potensi panas bumi di daerah tersebut, sehingga dapat dilakukan pengolahan dan pengembangan sebagai manifestasi dalam bidang pariwisata, pertanian, pembangunan dan dapat menjadi pertimbangan pemerintah untuk membangun pembangkit listrik tenaga panas bumi.



BAB II

TINJAUAN TEORITIS

2.1 Perspektif Al-Qur'an tentang Panas Bumi (*Geothermal*)

Panas bumi adalah energi yang tersimpan di dalam bumi yang dapat dimanfaatkan secara langsung atau dapat di konveksi menjadi energi mekanik atau energi listrik. Panas bumi muncul dipermukaan umumnya akibat adanya gesekan pada rekahan-rekahan dibawah permukaan yang memungkinkan fluida mengalir kepermukaan. Seperti yang dijelaskan dalam QS al-Waqi'ah/56: 71-72.

أَفَرَأَيْتُمُ النَّارَ الَّتِي تُورُونَ ءَأَنْتُمْ أَنْشَأْتُمْ شَجَرَتَهَا أَمْ نَحْنُ الْمُنْشِئُونَ

Terjemahnya:

Maka pernahkah kamu memperhatikan tentang api yang kamu nyalakan (dengan kayu). Kamukah yang menumbuhkan kayu itu atautkah Kami yang menumbuhkan? (Kementrian Agama RI, 2012)

Dalam tafsir Al-Misbah dijelaskan bahwa setelah menyebut kuasa Allah dalam turunnya air dari langit, kini disebut lawannya air yakni api. Allah berfirman: Maka apakah kamu melihat dengan mata kepala atau hati, keadaan yang sungguh menakjubkan? Terangkanlah kepada-Ku tentang *api yang kamu nyalakan* berasal dari kayu yang kamu gosok-gosokkan. *Kamukah yang menjadikannya* yakni api itu atau kayu itu memiliki potensi pembakaran *atau Kamikah Para Pembuatnya?* (Shihab, 2002).

Sumbernya adalah sumber kejadian alam ini yakni Allah swt. Cara pemaparan al-Qur'an adalah cara-Nya dalam menciptakan alam raya ini dari materi alam yang paling sederhana hingga lahir bentuk yang paling ruwet serta

ciptaan yang paling agung. Atom yang demikian kecil adalah materi ciptaan alam, sel juga diduga sebagai materi penciptaan kehidupan (Shihab, 2002).

Berdasarkan terjemahan dan tafsir ayat diatas maka dapat dikaitkan dengan proses terbentuknya sistem panas bumi, yakni api yang dinyalakan berasal dari kayu yang digosok-gosokkan sama halnya dengan pergerakan lempeng-lempeng yang saling bergesekan secara perlahan dan terus menerus karena akibat panas dalam astenosfer dan panas akibat gesekan bumi maka ujung dari lempengan tersebut hancur meleleh dan mempunyai temperatur tinggi (proses magmatisasi), seperti yang diketahui bahwa salah satu sumber terbentuknya panas bumi berasal dari aktivitas magmatik, dimana segala sesuatu yang terjadi dimuka bumi ini adalah kehendak Allah swt, sebagaimana Allah telah menciptakan segala sumber kebutuhan yang dapat berguna bagi kelangsungan hidup manusia seperti halnya kayu dan batu yang dapat menciptakan sumber api, sehingga manusia seharusnya kreatif untuk menggali potensi serta mengembangkan sumber-sumber tersebut agar tercipta sesuatu yang baru yang dapat berguna bagi kehidupan mereka, seperti halnya energi panas bumi ini ketika dikembangkan dapat digunakan sebagai sumber energi listrik.

Faktor lain terbentuknya panas bumi adalah akibat dari ledakan gunung berapi sebagaimana yang jelaskan dalam QS. Ath-Thur/52: 6 .

وَالْبَحْرِ الْمَسْجُورِ

Terjemahnya:

Serta laut yang didalamnya ada api (Kementrian Agama RI, 2012).

Menurut tafsir AL-Misbah (Shihab, 2002) *serta demi laut yang dipenuhi air atau yang di dalam tanahnya ada api*. Kata (الْمَسْجُورِ) *al-masjur* terambil dari

kata *as-sajar* yang antara lain berarti *mengobarkan api* atau *penuh*. Kedua makna tersebut dapat ditampung oleh ayat di atas.

Bangsa Arab, pada waktu diturunkannya Al-Qur'an tidak mampu menangkap dan memahami isyarat sumpah Allah yang di dalam tanahnya ada api. Karena bangsa Arab (kala itu) hanya mengenal makna "sajara" sebagai nyalakan tungkuh pembakaran hingga membuatnya panas atau mendidih sehingga dalam persepsi mereka, panas dan air adalah sesuatu yang bertentangan. Air mematikan panas sedangkan panas itu menguapkan air. Lalu bagaimana mungkin dua hal yang berlawanan dapat hidup berdampingan dalam sebuah ikatan yang kuat tanpa ada yang rusak salah satunya (Heryana, 2010).

Tampak jelas bahwa gunung-gunung tengah samudera tersebut sebagian besar terdiri dari bebatuan berapi (*vukcanic rocks*) yang dapat meledak layaknya ledakan gunung berapi yang dahsyat. Persepsi demikian mendorong mereka untuk menisbatkan kejadian ini sebagai peristiwa di akhirat (bukan di dunia nyata). Apalagi didukung dengan firman Allah swt: "Dan apabila lautan dipanaskan" (QS. At-Takwir/81: 6). Hal inilah yang mendorong sejumlah ahli tafsir untuk meneliti makna dan arti bahasa kata kerja "sajara" selain menyalakan sesuatu hingga membuatnya panas. Dan mereka ternyata menemukan makna dan arti lain dari kata "sajara," yaitu "mala'a" dan "kaffa" (memenuhi dan menahan), (Heryana, 2010).

Mereka tentu saja sangat gembira dengan penemuan makna dan arti baru ini karena makna baru ini dapat memecahkan kemusykilan ini dengan pengertian baru bahwa Allah swt telah memberikan anugerah kepada semua manusia dengan

mengisi dan memenuhi bagian bumi yang rendah dengan air sambil menahannya agar tidak meluap secara berlebihan ke daratan. Namun, hadits Rasulullah saw yang sedang kita bahas ini secara singkat menegaskan bahwa: Sesungguhnya di bawah lautan ada api dan di bawah api ada lautan. Setelah Perang Dunia II, para peneliti turun dan menyelam ke dasar laut dan samudera dalam rangka mencari alternatif berbagai barang tambang yang sudah nyaris habis cadangannya di daratan akibat konsumerisme budaya materialistik yang dijalani manusia sekarang ini. Mereka dikejutkan dengan rangkaian gunung berapi (*volcanic mountain chain*) yang membentang berpuluh-puluh ribu kilometer di tengah-tengah seluruh samudera bumi yang kemudian mereka sebut sebagai 'gunung-gunung tengah samudera' (Heryana, 2010).

Dengan mengkaji rangkaian gunung-gunung tengah samudera ini tampak jelas bahwa gunung-gunung tengah samudera tersebut sebagian besar terdiri dari bebatuan berapi (*volcanic rocks*) yang dapat meledak layaknya ledakan gunung berapi yang dahsyat melalui sebuah jaring retak yang sangat besar. Jaring retak ini dapat merobek lapisan bebatuan bumi dan ia melingkupi bola bumi kita secara sempurna dari segala arah dan terpusat di dalam dasar samudera dan beberapa lautan. Sedangkan kedalamannya mencapai 65 km. Kedalaman jaring retak ini menembus lapisan bebatuan bumi secara penuh hingga menyentuh lapisan lunak bumi (lapisan bumi ketiga) yang memiliki unsur bebatuan yang sangat elastis, semi cair, dan memiliki tingkat kepadatan dan kerekatan tinggi. Batuan lunak ini didorong oleh arus muatan yang panas ke dasar semua samudera dan beberapa lautan semacam Laut Merah dengan suhu panas yang melebihi 1.000 derajat

Celcius. Batuan-batuan elastis yang beratnya mencapai jutaan ton ini mendorong kedua sisi samudera atau laut ke kanan dan ke kiri yang kemudian disebut oleh para ilmuwan dengan "fenomena perluasan dasar laut dan samudera." Dengan terus berlangsungnya proses perluasan ini, maka wilayah-wilayah yang dihasilkan oleh proses perluasan itupun penuh dengan magma bebatuan yang mampu menimbulkan pendidihan di dasar samudera dan beberapa dasar laut (Heryana, 2010).

Berdasarkan terjemahan dan tafsir ayat tersebut serta dengan merujuk pada penjelasan di atas dapat dikaitkan dengan proses terciptanya panas bumi yakni dari ayat tersebut dikatakan bahwa “demi laut yang dalam tanahnya ada api”, penjelasan ini menuju pada proses terjadinya panas bumi yakni dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan oleh bangsa Arab mengenai terdapatnya rangkaian gunung-gunung berapi yang membentang berpuluh-puluh ribu kilometer di tengah-tengah samudera yang mana sebagian besar gunung tersebut terdiri dari beberapa bebatuan berapi yang kemudian bebatuan ini sangat panas dan dapat meledak sangat dahsyat layaknya gunung api akibat dari ledakan ini yang mengakibatkan batuan tersebut naik ke permukaan bumi dan hal tersebutlah yang menyebabkan terciptanya panas bumi yang memiliki banyak manfaat salah satunya sebagai energi alternatif.

Dan al-Qur'an juga menjelaskan bahwa Allah menganugerahkan berbagai nikmat di atas bumi, di laut, di angkasa, bahkan jauh di dalam perut bumi berupa cadangan cadangan energi. Dengan kemampuan teknologi yang dimiliki manusia telah mampu mendeteksi secara terbatas kandungan perut bumi berupa aneka

barang tambang, termasuk sumber energi minyak bumi. Sejatinya, semua itu merupakan anugerah dari Allah swt untuk kepentingan manusia beribadah kepada-Nya. Semua kebutuhan manusia telah tersedia di bumi, hanya di perlukan pengetahuan dan keterampilan untuk mengeksplorasinya, dan akal sehat serta hati nurani dalam pemanfaatannya. Seperti yang difirmankan dalam QS. al-Baqarah/2: 29.

هُوَ الَّذِي خَلَقَ لَكُمْ مَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا ثُمَّ أَسْتَوَىٰ إِلَى السَّمَاءِ فَسَوَّاهُنَّ سَبْعَ سَمَوَاتٍ ۚ وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ ﴿٢٩﴾

Terjemahnya:

Dia-lah Allah, yang menjadikan segala yang ada di bumi untuk kamu dan dia berkehendak (menciptakan) langit, lalu dijadikan-Nya tujuh langit. dan Dia Maha mengetahui segala sesuatu (Kementrian Agama RI, 2012).

Menurut tafsir Almisbah bagaimana kalian kafir, padahal Allah bukan hanya menghidupkan kami di dunia, tetapi juga menyiapkan sarana kehidupan di dunia, *Dia-lah Allah swt yang menciptakan untuk kamu apa yang ada di bumi* semua sehingga semua yang kamu butuhkan untuk kelangsungan dan kenyamanan hidup kamu terhampar, dan itu adalah bukti kemahakuasaan-Nya, Yang kuasa melakukan itu pasti kuasa untuk menghidupkan yang mati (Shihab, 2002).

Kemudian Dia berkehendak menuju ke langit. Kata kemudian dalam ayat ini bukan dalam arti selang mas, tetapi dalam arti peringkat, yakni peringkat sesuatu yang disebut sesudahnya yaitu langit dan apa yang ditampungnya lebih agung, lebih besar, indah dan misterius daripada bumi. *Maka Dia*, yakni Allah, *menyempurnakan mereka* yakni menjadikan *tujuh langit* dan menetapkan hukum-

hukum yang mengatur perjalanannya masing-masing, serta menyiapkan sarana yang sesuai bagi yang berada disana, apa dan atau siapa pun. Itu semua diciptakan-Nya dalam keadaan sempurna dan amat teliti. *Dan* itu semua mudah bagi-Nya karena *Dia Maha Mengetahui segala sesuatu* (Shihab, 2002).

Firman-Nya: *Dia-lah (Allah), yang menciptakan segala yang ada di bumi untuk kamu* dipahami oleh banyak ulama sebagai menunjukkan bahwa pada dasarnya segala apa yang terbentang di bumi ini dapat digunakan oleh manusia, kecuali jika ada dalil lain yang melarangnya. Sebagian kecil ulama tidak memahami demikian. Mereka mengharuskan adanya dalil yang jelas untuk memahami boleh atau tidaknya sesuatu terlatang kecuali kalau ada dalil yang menunjukkan izin menggunakannya (Shihab, 2002).

“Pesan ayat ini adalah bumi diciptakan buat manusia. Dan kata *buat* manusia perlu digaris bawahi, yakni bahwa Allah menciptakannya agar manusia berperan sebagai khalifah, berperan aktif dan utama di pentas bumi ini; peran utama dalam peristiwa-peristiwanya serta pengembangannya. Dia adalah pengelola bumi dan pemilik alat, bukan dikelola oleh bumi dan menjadi hamba yang diatur atau dikuasai oleh alat. Tidak juga tunduk pada perubahan dan pengembangan-pengembangan yang dilahirkan oleh alat-alat, sebagaimana diduga bahkan dinyatakan oleh paham materialisme,” Demikian Sayyid Quthub (Shihab, 2002).

Dari penafsiran QS. Al-Baqarah: 29 di atas sangat jelas bahwa Allah swt telah menciptakan segala sesuatu dimuka bumi yang memiliki banyak manfaat yang dapat memenuhi segala sarana dan prasarana yang dibutuhkan oleh manusia,

sehingga manusialah yang bertugas untuk mengelolah dan mengembangkan serta menjaganya agar dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhannya.

2.2 Geologi Regional

Secara regional daerah Lasusua termasuk dalam peta geologi Lembar Lasusua-Kendari yang terletak pada lengan tenggara Pulau Sulawesi. Berdasarkan himpunan batuan dan penciriannya, geologi Lembar Lasusua-Kendari dapat dibedakan dalam dua lajur; yaitu Lajur Tinodo dan Lajur Hialu. Lajur Tinodo dicirikan oleh batuan endapan paparan benua, dan Lajur Hialu oleh endapan kerak samudera/*ofiolit* (Rusmana, dkk., 1985)



Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Kec. Lasusua

Batuan yang terdapat di Lajur Tinodo yang merupakan batuan alas adalah batuan malihan *Paleozoikum* (Pzm) dan diduga berumur karbon. Pualam *Paleozoikum* (Pzm) menjemari dengan batuan malihan Paleozoikum terutama

terdiri dari pualam dan batugamping terdaunkan. Pada *Perno-Trias* di daerah ini diduga terjadi kegiatan magma yang menghasilkan terobosan antara *lainaplit* PTr (ga), yang menerobos batuan malihan *Paleozoikum*. Formasi Meluhu (TRJm), secara tak selaras menindih batuan malihan *Paleozoikum*. Pada zaman yang sama terendapkan Formasi Tokala (TRJt). Hubungan dengan Formasi Meluhu adalah menjemari. Pada kala Eosen hingga Miosen Tengah, pada lajur ini terjadi pengendapan Formasi Salodik (Moetamar dkk., 2005).

Batuan yang terdapat di Lajur Hialu adalah batuan *ofiolit* (Ku) yang terdiri dari peridotit, harsburgit, dunit dan serpentinit. Batuan *ofiolit* ini tertindih tak selaras oleh Formasi Matano (Km) yang berumur Kapur Akhir, dan terdiri dari batugamping berlapis bersisipan rinjang pada bagian bawahnya (Moetamar dkk., 2005).

Struktur geologi yang terbentuk di daerah Sulawesi Tenggara didominasi oleh pola sesar berarah relatif barat laut-tenggara yang merupakan pengaruh dari aktivitas sesar Palu-Koro dan pertumbuhan jalur tektonik Palu-Mekongga yang berhubungan dengan pembentukan pegunungan Verbeek dan Maliowo (Hermawan, dkk., 2011). Pada daerah kajian terdapat Sesar Kolaka yang memanjang sekitar 250 km dari pantai barat Teluk Bone sampai ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi. Sesar Kolaka relatif sejajar dengan Sesar Konawehanai. Ujung barat sesar ini diduga bersambung dengan sesar sepanjang pantai barat sampai Lasusua. Ujung tenggaranya memotong endapan aluvial di cekungan Sampara. Diduga, Sesar Kolaka dan Sesar Wawotobi-lah yang membentuk cekungan Sampara. Hal ini menunjukkan bahwa sesar ini masih aktif

sampai sekarang. Beberapa sungai di pantai barat Teluk Bone yang dipotong olehnya bergeser ke kiri, mengindikasikan bahwa Sesar Kolaka berjenis sesar geser menggiri.

2.3 Panas Bumi

Menurut Pasal 1 UU No.27 tahun 2003 tentang Panas Bumi, panas bumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air, dan batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetis semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi dan untuk pemanfaatannya diperlukan proses penambangan.

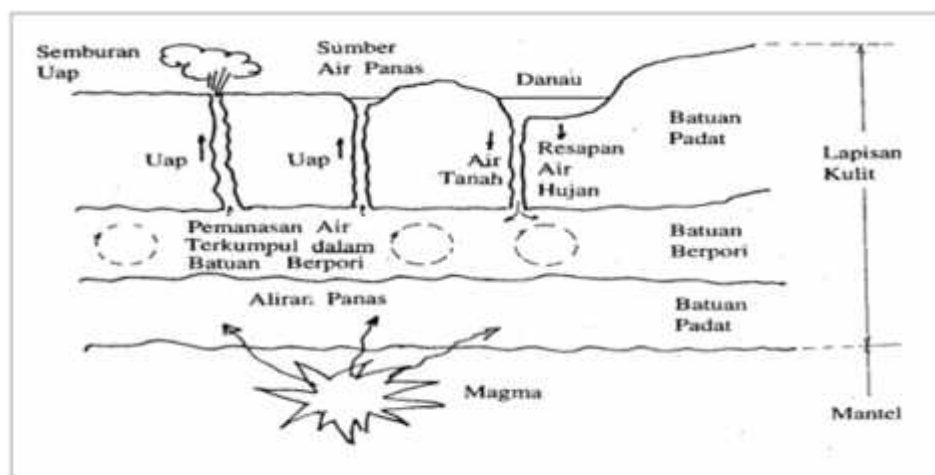
Secara etimologi, kata geothermal terbentuk dari dua kata yaitu geo yang berarti bumi dan thermal yang artinya panas. Jadi istilah geothermal diartikan sebagai panas bumi. Geothermal juga dapat diartikan sebagai panas bumi yang terbentuk secara alami dibawah permukaan bumi (Wahid, 2017).

Energi panas bumi adalah energi dari bawah permukaan bumi. Sumber energi panas bumi terbagi dalam empat kategori yaitu uap kering, air panas, batu kering, panas, dan sumber bertekanan tinggi (Tillery, 2007). Sistem panas bumi merupakan perpindahan panas alami dalam volume tertentu dari kerak bumi dari sumber panas ke tempat pelepasan panas, yang umumnya adalah permukaan tanah. Walaupun secara umum dibawah permukaan bumi terdapat sumber panas, namun tidak semua lokasi menyimpan energi geothermal. Energi geothermal hanya terdapat pada lokasi yang memiliki sistem geothermal. Sistem geothermal terdiri dari tiga elemen utama yaitu batuan reservoir yang permeabel, air yang

membawa panas dari reservoir ke permukaan bumi, dan sumber panas (Darmawan, 2014).

2.3.1 Proses Terjadinya Panas Bumi

Pada dasarnya sistem panas bumi jenis hydrothermal terbentuk sebagai hasil perpindahan panas dari suatu sumber panas sekelilingnya yang terjadi secara konduksi dan konveksi. Perpindahan panas secara konduksi terjadi melalui batuan, sedangkan perpindahan secara konveksi terjadi karena adanya kontak antara air dengan suatu sumber panas. Perpindahan panas secara konveksi pada dasarnya terjadi karena gaya apung akibat perbedaan temperature air karena gaya gravitasi selalu mempunyai kecenderungan untuk bergerak ke bawah, akan tetapi apabila air tersebut kontak dengan suatu sumber panas maka akan terjadi perpindahan panas sehingga temperatur air menjadi lebih tinggi dan air menjadi lebih ringan. Keadaan ini menyebabkan air yang lebih panas bergerak keatas dan air yang lebih dingin bergerak turun, sehingga terjadi sirkulasi air atau arus konveksi (Wahid, 2017) seperti yang terlihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 2.2 Model Sistem Geothermal (*sumber: Teknik Energi Listrik, 2014*)

2.3.2 Tipe Panas Bumi

Letak wilayah Indonesia dalam jalur busur gunung api (*ring of fire*) menjadikan Indonesia kaya akan potensi panas bumi. Hal ini dikarenakan panas bumi biasanya berasosiasi dengan vulkanisme. Daerah panas bumi yang terkait dengan vulkanisme Kuartar terdistribusi mulai dari pulau Weh, Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, hingga ke kepulauan Maluku (Kasbani dan Dahlan, 2008)

Menurut Kasbani (2010) berdasarkan asosiasi terhadap tatanan geologinya, sistem panas bumi di Indonesia dapat dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu : vulkanik, vulkano – tektonik dan Non-vulkanik.

a. Vulkanik

Sistem panas bumi vulkanik adalah sistem panas bumi yang berasosiasi dengan gunung api Kuartar yang umumnya terletak pada busur vulkanik Kuartar yang memanjang dari Sumatra, Jawa, Bali dan Nusa Tenggara, sebagian Maluku dan Sulawesi Utara. Pembentukan sistem panas bumi ini biasanya tersusun oleh batuan vulkanik menengah (andesit-basaltis) hingga asam dan umumnya memiliki karakteristik reservoir sekitar 1,5 km dengan temperatur reservoir tinggi ($\sim 250 - 370^{\circ}\text{C}$).

Pada daerah vulkanik aktif biasanya memiliki umur batuan yang relatif muda dengan kondisi temperatur yang sangat tinggi dan kandungan gas magmatik besar. Ruang antar batuan (permeabilitas) relatif kecil karena faktor aktivitas tektonik yang belum terlalu dominan dalam membentuk celah-celah / rekahan yang intensif sebagai batuan reservoir.

b. Vulkano – Tektonik

Sistem panas bumi vulkano – tektonik, sistem yang berasosisasi antara struktur graben dan kerucut vulkanik, umumnya ditemukan di daerah Sumatera pada jalur sistem sesar sumatera (Sesar Semangko).

c. Non – Vulkanik

Sistem panas bumi Non vulkanik adalah sistem panas bumi yang tidak berkaitan langsung dengan vulkanisme dan umumnya berada di luar jalur vulkanik Kuarter. Lingkungan non-vulkanik di Indonesia bagian barat pada umumnya tersebar di bagian timur *sundaland* (paparan sunda) karena pada daerah tersebut didominasi oleh batuan yang merupakan penyusun kerak benua Asia seperti batuan metamorf dan sedimen. Di Indonesia bagian timur lingkungan non-vulkanik berada di daerah lengan dan kaki Sulawesi serta daerah Kepulauan Maluku hingga Irian didominasi oleh batuan granitik, metamorf dan sedimen laut (Kasbani, 2010)

Panas bumi pada daerah daerah ini umumnya mempunyai entalpi rendah hingga menengah. Dari total 257 daerah panas bumi yang telah diinventarisasi, sekitar 203 lokasi (80%) berasosiasi dengan jalur gunung api Kuarter dan 54 lokasi (20%) lainnya berada di luar jalur tersebut (Kasbani dan Dahlan, 2008).

Menurut Kasbani (2010) hubungan antara tipe sistem panas bumi di Indonesia dan estimasi awal potensi energinya dapat dilihat pada table sebagai berikut:

Tabel 2.1 Tipe Sistem Panas Bumi Di Indonesia Dan Estimasi Awal Potensi
Energinya

Tipe		Temperatur/ Entalpi	Potensi Energi	Contoh
Vulkanik	Gunungapi Strato tunggal	Tinggi ~ 250°C	Sedang 50 – 100 MW	G. Lawu, G. Tompomas, G. Endut, dsb.
	Komplek Gunungapi	Tinggi ~ 250°C	Besar > 100 MW	G. Salak, G. Wayang Windu, G. Arjuno Welirang, dsb
	Kaldera	Tinggi ~ 250°C	Besar > 100 MW	Kamojang, Darajat, Ulumbu, Sibayak, dsb
Vulkano - Tektonik	(graben- kerucut vulkanik	Sedang – tinggi ~ 2500°C	Sedang – Besar 50 - >100 MW	Sarula, Bonjol, Danau Rano, Sipaholon, dsb
Non – Vulkanik	Intrusi	Rendah- sedang ~200°C	Kecil – sedang ~50 MW	Lapangan- lapangan di Sulsel, Sulteng, dan Sultra, P. Buru

2.3.3 Sistem Panas Bumi

Hochstein dan Browne (2000) mendefinisikan sistem panas bumi sebagai perpindahan panas secara alami dalam volume tertentu di kerak bumi dimana panas dipindahkan dari sumber panas ke zona pelepasan panas. Kunci kekuatan untuk menggerakkan fluida adalah perbedaan densitas antara air resapan yang suhunya lebih rendah dan bergerak ke bawah dengan fluida panas bumi yang suhunya lebih tinggi yang kemudian muncul ke permukaan bumi oleh gaya pengapungan.

Sistem panasbumi dijumpai pada daerah dengan gradient panas bumi relatif normal, terutama pada bagian tepi lempeng dimana gradient panasbumi

biasanya mempunyai kisaran suhu yang lebih tinggi daripada suhu rata-rata (Dickson dan Fanelli, 2004). Terdapat empat elemen penting yang berpengaruh dalam sistem panas bumi, terutama sistem panas bumi hidrothermal yang terdapat di sebagian besar Indonesia, yaitu:

1. Sumber panas (*heat source*)

Panas dapat berpindah secara konduktif, konvektif dan radiasi. Pada sistem panas bumi perpindahan panas umumnya secara konduktif dan konvektif. Transfer panas secara konduktif pada batuan terjadi akibat adanya interaksi atomik/molekul penyusun batuan dalam mantel sedangkan perpindahan panas secara konvektif adalah perpindahan panas yang di ikuti oleh perpindahan massa (molekul). Sumber panas dalam sistem panas bumi pada umumnya berasal dari magma.

Terbentuknya magma pada awalnya berasal dari hasil pelelehan mantel (*partial melting*) sebagai akibat penurunan titik didih mantel karena adanya infiltrasi H₂O dari zona subduksi. Magma dapat terjadi karena pelelehan sebagian kerak bumi pada proses penebalan lempeng benua seperti yang terjadi pada tumbukan antar lempeng benua (*collision*).

2. Fluida panas bumi

Fluida panas bumi berasal dari air permukaan (*air meteoric*) yang masuk ke bawah permukaan melalui rekahan maupun ruang antar butiran batuan membentuk sistem kantong fluida/reservoir. Fluida juga dapat berasal dari batuan dalam bentuk air magmatik (*air juvenil*). Karakteristik fluida panas bumi dapat memberikan informasi tentang tipe sistem panas bumi, hal penting yang dianalisis

untuk menentukan karakteristik fluida dalam reservoir meliputi pendugaan temperatur reservoir (*geothermometer*), komposisi kimia fluida, asal-usul fluida, interaksi fluida terhadap batuan serta pencampuran fluida reservoir dengan fluida lain (*mixing*).

3. Reservoir

Reservoir adalah lapisan yang tersusun dari batuan yang memiliki sifat *permeable* dan porositas tinggi yang berperan untuk menyimpan fluida yaitu uap dan air panas yang berasal dari hasil pemanasan (konvektif dan konduktif) dalam suatu sistem hidrothermal. Lapisan ini bisa berasal dari batuan klastik atau batuan vulkanik yang telah mengalami rekahan secara kuat. Reservoir panas bumi yang produktif harus memiliki porositas dan permeabilitas yang tinggi, ukuran volume cukup besar, suhu tinggi dan kandungan fluida yang cukup. Permeabilitas dihasilkan oleh karakteristik stratigrafi (misal *porositas intergranular* pada lapili, atau lapisan bongkah lava) dan unsur struktur (misalnya sesar, kekar dan rekahan). Geometri reservoir hidrothermal di daerah vulkanik merupakan hasil interaksi yang kompleks dari proses vulkano-tektonik aktif antara lain stratigrafi yang lebih tua dan struktur geologi.

4. Batuan Penudung

Lapisan penudung (*caprock*) berfungsi sebagai penutup reservoir untuk mencegah keluar atau bocornya fluida panas bumi dari reservoir. Batuan penudung harus berupa lapisan batuan yang bersifat kedap atau memiliki permeabilitas rendah. Lapisan penudung umumnya tersusun oleh lapisan batuan yang terdiri dari mineral lempung sekunder hasil ubahan (*alteration*) akibat

interaksi fluida dengan batuan yang dilewatinya. Mineral-mineral lempung sekunder yang umum membentuk lapisan penudung adalah *montmorillonite*, *smectite*, *illite*, *kaolin*, dan *phyrophyllite*. Di lingkungan tektonik aktif batuan penudung mengalami deformasi dan membentuk rekahan, tetapi dengan adanya proses kimia yaitu berupa pengendapan mineral sangat membantu dalam menutup rekahan yang terbentuk (*self sealing*) contohnya pengendapan kalsit dan silica.

2.3.4 Eksplorasi Panas Bumi

Menurut Dipippo (2007), ada 5 sasaran yang mesti dicapai dalam program eksplorasi panas bumi yaitu: Pertama adalah menentukan posisi batuan panas (*hot rock*). Kedua, mengestimasi atau memperkirakan volume reservoir, temperatur fluida yang berada didalamnya dan permeabilitas formasi. Ketiga, memprediksikan apakah fluida yang bakal keluar di sumur produksi berupa uap kering (*dry steam*) atau liquid atau campuran dua-fasa (uap dan liquid). Keempat, Menentukan sifat kimia dari fluida panasbumi, dan Kelima adalah Memperkirakan potensi energi listrik yang bisa dihasilkan hingga minimal 20 tahun kedepan (Suparno, 2009).

Dari sasaran – sasaran yang ingin di capai dalam eksplorasi panas bumi maka harus dilakukan tahapan – tahapan eksplorasi yang diurutkan secara kronologis sebagai berikut:

a. Survei geologi

Survei geologi bertujuan untuk mengetahui kondisi tektonik dan stratigrafi, keberadaan dan posisi patahan (*fault*), distribusi dan umur batuan

volkanik, lokasi manifestasi panasbumi, dan lokasi batuan yang mengalami alterasi hidrotermal (Suparno, 2009).

b. Survei hidrologi

Survei hidrologi bertujuan untuk mengetahui cadangan air tanah, air *connate*, air laut/danau, es atau air hujan akan sangat dibutuhkan sebagai pemasok kembali (*recharge*) air yang hilang mengingat kandungan air dalam magma (*juvenile*) tidak mencukupi jumlah yang dibutuhkan dalam mempertahankan proses interaksinya (Herman, 2016).

c. Survei geokimia

Survei geokimia bertujuan untuk mengetahui kandungan konsentrasi unsur yang terdapat pada air panas, pendugaan temperatur batuan reservoir dari sistem panas bumi serta untuk mengetahui tipe – tipe air panas (Sundhoro, dkk, 2005).

d. Survei geofisika

Survei geofisika bertujuan untuk mengetahui sistem panas bumi yang meliputi batuan reservoir, batuan penudung, serta untuk mengetahui pola aliran fluida panas bumi sehingga dapat diketahui estimasi potensi panas bumi yang terkandung di bawah permukaan (Sundhoro, dkk, 2005).

2.4 Metode Gravitasi

2.4.1 Prinsip Dasar Metode Gravitasi

Metode gravitasi merupakan salah satu metode geofisika yang melibatkan pengukuran variasi medan gravitasi bumi yang disebabkan oleh perbedaan densitas batuan bawah permukaan. Perbedaan densitas batuan bawah permukaan dengan daerah sekelilingnya menyebabkan terjadinya penyimpangan nilai

gravitasi yang dikenal sebagai anomali gravitasi. Prinsip dasar yang digunakan dalam metode gravitasi adalah hukum gravitasi Newton yang menyatakan bahwa besarnya gaya tarik menarik antara massa bumi M_e dan massa benda di permukaan bumi m yang terpisah pada jarak R diberikan oleh persamaan (Telford, 1990):

$$\vec{F} = G \frac{M_e m}{R^2} \hat{r} \quad (2.1)$$

\vec{F} adalah gaya gravitasi antara massa M_e dan m , R adalah jari-jari bumi, \hat{r} adalah vektor satuan dari M_e dan m , dan G konstanta gravitasi universal ($6,6732 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$). Jika M_e adalah massa bumi dan m adalah massa benda yang berada di permukaan bumi, gaya gravitasi Newton persatuan massa m diperoleh sebagai:

$$\frac{\vec{F}}{m} = G \frac{M_e}{R^2} \hat{r} \quad (2.2)$$

$\frac{\vec{F}}{m}$ dikenal sebagai medan gravitasi bumi (ii). Karena satuan medan gravitasi adalah m/s^2 , maka medan gravitasi bumi sering disebut sebagai percepatan gravitasi bumi (\vec{g}), sehingga persamaan (2.2) dapat ditulis sebagai:

$$\vec{g} = G \frac{M_e}{R_e^2} \hat{r} \quad (2.3)$$

M_e merupakan massa bumi dan R_e adalah jari-jari bumi.

2.4.2 Potensial Gravitasi

Potensial gravitasi merupakan energi yang diperlukan untuk memindahkan suatu massa dari satu titik ke titik lainnya. Suatu benda yang memiliki massa tertentu dalam suatu sistem ruang akan menimbulkan medan gravitasi disekitarnya. Sehingga dapat dinyatakan sebagai (Blakely, 1996):

$$\vec{g} = -\nabla U \quad (2.4)$$

dengan U adalah potensial skalar.

Oleh karena itu, potensial gravitasi merupakan medan konservatif artinya usaha yang dilakukan dalam suatu medan gravitasi tidak tergantung pada lintasan yang ditempuhnya, melainkan hanya tergantung pada posisi awal dan akhirnya dan dapat dinyatakan sebagai gradien dari suatu fungsi potensial skalar (Telford,1990).

Apabila bumi diasumsikan dengan massa M_e bersifat homogen dan berbentuk bola dengan jari-jari R , maka potensial di permukaan dapat ditulis dengan persamaan.

$$U(r) = -\int_{\infty}^R g \, dr = -GM_e \int_{\infty}^R \frac{dr}{r^2} = G \frac{M_e}{R} \quad (2.5)$$

Keterangan:

U = Potensial gravitasi (J/kg)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

G = Konstanta gravitasi ($6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$)

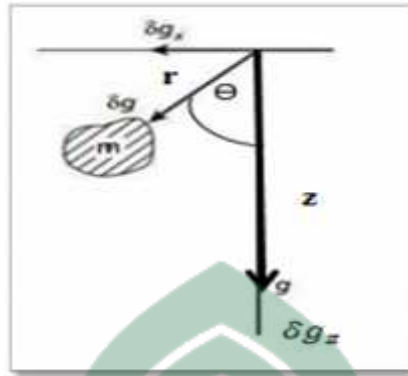
M = Massa bumi (kg)

R = Jari-jari bumi (m)

2.4.4 Anomali Gravitasi

Pada gambar 2.3 memperlihatkan diagram vektor percepatan gravitasi bumi (g) dan percepatan gravitasi yang berasal dari suatu benda anomali (δg) dengan komponen horisontal (δg_x) serta komponen vertikal (δg_z) (Zain,2015). Apabila $\delta g_z \ll g$, maka sudut θ dapat diabaikan karena bernilai sangat kecil, sehingga dapat diasumsikan $\delta g \approx \delta g_z$, yang memiliki arti bahwa percepatan

gravitasi komponen vertikal dari benda anomali dianggap sama persis atau mendekati percepatan gravitasi yang arahnya menuju benda anomali tersebut.

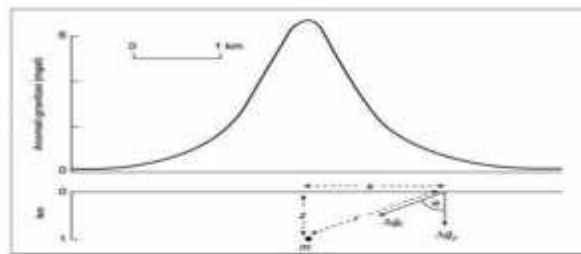


Gambar 2.3 Diagram vektor percepatan gravitasi δg dari suatu benda anomali.

Percepatan gravitasi dari benda titik berjarak r dan bermassa m akan memenuhi Persamaan 2.3, Maka berdasarkan Gambar 2.2, komponen percepatan gravitasi arah vertikal dapat ditulis sebagai:

$$\begin{aligned}\Delta g_z &= G \frac{m}{r^2} \cos \theta \\ &= G \frac{mz}{r^3} \\ &= G \frac{mz}{(x^2 + z^2)^{3/2}}\end{aligned}\quad (2.6)$$

Perubahan posisi titik ukur sepanjang sumbu x akan berdampak pada perubahan jarak r . Gambarr 2.3 memperlihatkan profil variasi percepatan gravitasi dari massa titik disepanjang sumbu x .



Gambar 2.4 Ilustrasi variasi percepatan gravitasi disepanjang sumbu x akibat adanya benda titik bermassa m (Zain, 2015)

2.4.4 Metode Gravitasi

Metode *gravity* adalah suatu metode penyelidikan geofisika yang berdasarkan pada perbedaan medan *gravity* akibat perbedaan rapat massa batuan penyusun bawah permukaan bumi. Besaran fisis yang diukur dalam metode *gravity* adalah percepatan gravitasi bumi. Data percepatan *gravity* yang didapat selama pengukuran diolah menjadi anomali percepatan gravitasi bumi. Dari hasil pengolahan data tersebut dapat diketahui perbedaan rapat massa batuan, sehingga data tersebut dapat digunakan untuk menentukan struktur geologi bawah permukaan yang mengandung potensi energi geothermal di daerah penelitian (Telford, 1976)

Metode ini memiliki suatu kelebihan untuk survei awal yang dapat memberikan informasi yang cukup detail tentang struktur geologi dan kontras densitas batuan. Pada kasus geothermal perbedaan densitas batuan merupakan acuan dalam penyelidikan metode gravitasi. Dimana, daerah sumber panas di bawah permukaan bumi dapat menyebabkan perbedaan densitas dengan massa batuan disekitarnya (Hidayat dan Basid, 2011)

Metode *gravity* ini akan merekam kontras densitas antara reservoir dengan batuan sekitarnya, dan bentuk reservoir panasbumi. Karena suhu yang tinggi dan porositas tinggi, batuan reservoir panas bumi diinterpretasikan dari masa dengan densitas rendah. Penggunaan metode *gravity* dalam menganalisa densitas batuan dianggap tepat karena metode *gravity* memiliki respon yang sangat baik terhadap perbedaan densitas batuan di bawah permukaan. Dengan mengolah dan menginterpretasikan data kontras anomali *Bouger* maka dapat digunakan untuk

memperkirakan struktur anomali densitas bawah permukaan yang diharapkan dapat memberi gambaran mengenai struktur bawah permukaan dan kondisi potensi geothermal (Raehananyanti dkk, 2013)

Karena metode gravitasi merupakan suatu metode yang melibatkan pengukuran variasi medan gravitasi bumi yang disebabkan oleh perbedaan densitas batuan bawah permukaan (Ismayanti, 2014). Dengan mengetahui perbedaan tersebut, maka dapat diperkirakan geometri struktur bawah permukaan bumi secara global. Distribusi yang tidak merata pada batuan penyusun di kerak bumi menyebabkan perbedaan nilai percepatan gravitasi yang diukur di bawah permukaan bumi. Hubungan antara densitas dan percepatan gravitasi dapat dijabarkan melalui persamaan (2.3) yang tidak lain merupakan persamaan percepatan gravitasi.

$$\begin{aligned}\vec{g} &= G \frac{M_e}{R_e^2} \hat{r} \\ \vec{g} &= G \frac{\rho \times V}{R_e^2} \hat{r}\end{aligned}\tag{2.7}$$

Berdasarkan persamaan (2.7), dapat dilihat bahwa percepatan gravitasi berbanding lurus dengan densitas dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya.

2.5 Koreksi Data Gravitasi dan Pemisahan Anomali

2.5.1 Koreksi Data Gravity

Pengukuran pada metode gravitasi berhubungan dengan bentuk bumi. Bentuk bumi pada kenyataannya lebih mendekati bentuk *spheroidal*, *relief* permukaan bumi tidak rata, berotasi dan berevolusi dalam sistem matahari serta tidak homogen. Hal tersebut menyebabkan variasi nilai gravitasi pada setiap titik

permukaan bumi tidak konstan dan akan dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya adalah pasang surut, lintang, ketinggian, topografi dan variasi densitas bawah permukaan (Telford, 1990), sehingga perlu dilakukan koreksi terhadap data hasil pengukuran.

a. Koreksi Pasang Surut (*Tide Correction*)

Koreksi ini dilakukan untuk menghilangkan faktor yang mempengaruhi nilai bacaan yang berasal dari benda-benda di luar bumi, seperti matahari dan bulan. Pada pengolahan data, tidak dilakukan pengukuran terhadap variasi harian akibat pasang surut di base dikarenakan terbatasnya waktu pada saat pengambilan data, sehingga untuk menghitung besarnya pasang surut dilakukan dengan menggunakan *Software Tide*. Dalam *software* tersebut data yang dimasukan secara berurutan berupa data bujur, lintang, tinggi (h), jam, menit, tanggal, bulan, dan tahun. Hasil dari input tersebut berupa data pasang surut. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya koreksi pasang surut adalah

$$g_{ps} = g(r) \left[\left(\frac{c}{R} \right)^3 \left(\frac{1}{3} + \cos 2\varphi + \frac{1}{6} \frac{r}{c} \left(\frac{c}{R} \right)^4 + (\cos 3\varphi + 3 \cos \varphi) \right) \right] \quad (2.8)$$

Keterangan:

g_{ps} = Koreksi pasang surut (mGal).

φ = Sudut lintang (derajat).

c = Jarak rata-rata titik m ke bulan (m).

R = Jarak dari pusat bumi ke bulan (m).

b. Koreksi Apungan (*Drift Correction*)

Koreksi apungan merupakan koreksi yang dilakukan karena adanya perbedaan nilai pembacaan alat pada stasiun yang sama dalam waktu berbeda. Hal

ini sebagai akibat adanya efek perubahan sifat elastik komponen mekanik alat, perubahan tekanan, perubahan suhu, serta guncangan yang terjadi pada saat alat dipindahkan.

Cara untuk menghilangkan efek dalam proses akuisisi dilakukan secara *looping*, sehingga besar penyimpangan dapat diketahui. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung koreksi apungan adalah (Kadir, 2000):

$$g_{drift} = \frac{g_{akhir} - g_0}{t_{akhir} - t_0} (t_n - t_0) \quad (2.9)$$

t_n adalah waktu pembacaan pada stasiun ke- n , sedangkan t_{akhir} adalah waktu pembacaan akhir di *Base Station* (BST), t_0 adalah titik pengukuran pengikatan pada waktu pembacaan awal di BST, sedangkan g_{akhir} adalah besarnya pengukuran gravimeter akhir di BST dan g_0 adalah pembacaan gravitimeter awal di BST.

c. Koreksi Lintang

Bentuk bumi berdasarkan hasil pengukuran geodetik dan penurunan dari satelit mendekati bentuk *spheroidal* yang menggelembung di ekuator dan memipih di kutub, sehingga pendekatan bentuk bumi disebut sferoid referensi. Di tahun 1930 International Union of Geodesy and Geophysics mengadopsi rumus (Nettleton, 1976), untuk nilai gravitasi teoritis kemudian diubah berdasarkan World Geodetic System 1984 (WGS84) oleh Woolfard (Interpid, 2012) :

$$g_{\varphi} = 97803226.7714 \frac{(1 + 0.00193185138639(\sin \varphi)^2)}{(\sqrt{1 + 0.00669437999013(\sin \varphi)^2})} \quad (2.10)$$

Keterangan:

φ = Sudut lintang

g_{φ} = Gravitasi normal pada lintang φ (mGal)

d. Koreksi Udara Bebas (*Free Air Correction*)

Pengukuran yang dilakukan pada ketinggian h dari *mean sea level* akan menyebabkan harga g yang semakin kecil, sehingga harus dilakukan koreksi terhadap pembacaan alat. Koreksi ini dilakukan untuk mendapatkan nilai pembacaan gravitasi absolut di titik obsevasi (Syamsuriadi, 2013). Menurut Reynolds (1998) persamaan yang digunakan untuk koreksi udara bebas adalah:

$$g_{KUB} = 0,3086 \times h$$

Sedangkan anomali udara bebasnya atau *Free Air Anomaly* (FAA), dapat dituliskan sebagai berikut:

$$g_{FAA} = g_{obs} - g_{\phi} + 0.3086 h \quad (2.11)$$

e. Koreksi Bouguer

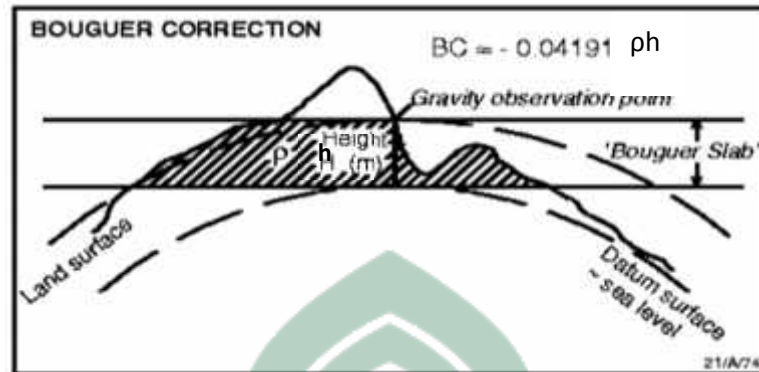
Koreksi Bouguer (g_B) merupakan koreksi yang dilakukan untuk menghilangkan perbedaan ketinggian dengan tidak mengabaikan massa di bawah permukaan titik amat. Koreksi ini dilakukan dengan menghitung tarikan gravitasi yang disebabkan oleh batuan berupa slab dengan ketebalan h dan densitas rata-rata ρ . Pada koreksi ini diasumsikan lapisan batuan di bawah permukaan titik amat sebagai sebuah lempeng horizontal tak berhingga dengan ketebalan yang sama dengan ketinggian stasiun pengukuran dan densitas sama (gambar 2.4). Besar koreksi ini dapat dihitung berdasarkan persamaan:

$$g_B = 2\pi G \rho h \quad (2.12)$$

Karena $2\pi G = 0.04191 \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$, maka

$$g_B = \pm 0.04191 \rho h \quad (2.13)$$

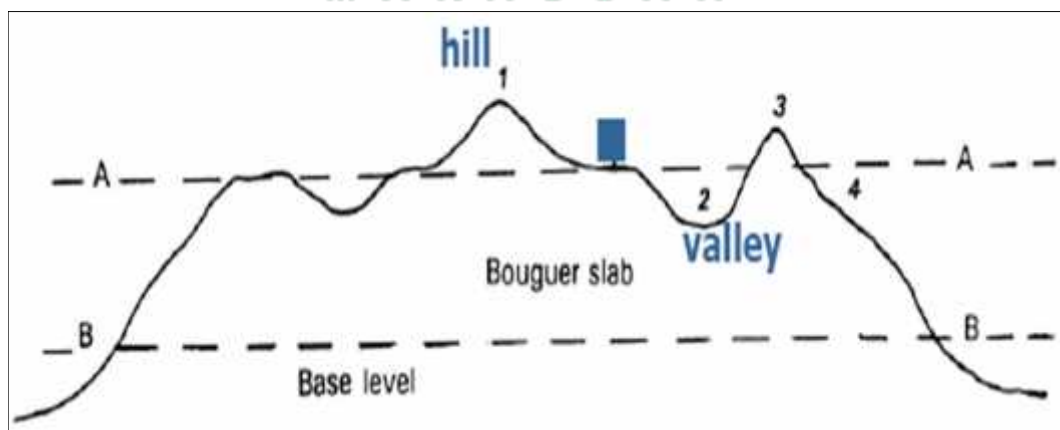
dengan g_B adalah koreksi Bouguer (mGal), ρ adalah rapat massa batuan rata-rata (kg/m^3), dan h adalah ketinggian (m).



Gambar 2.5 Koreksi Bouguer (Zhou, 1990)

f. Koreksi Medan (*Terrain Correction*)

Koreksi medan merupakan koreksi yang dilakukan karena permukaan bumi yang tidak rata di sekitar titik pengukuran (topografi yang berundulasi) (gambar 2.5). Kondisi bumi yang tidak rata mengakibatkan adanya pengaruh massa dan menimbulkan efek yang mengurangi nilai percepatan gravitasi sebenarnya di titik pengukuran.



Gambar 2.6 Koreksi Topografi (Zhou, 1990)

Secara sederhana, koreksi medan dihitung menggunakan *Hammer Chart*. Besarnya koreksi medan dengan menggunakan pendekatan cincin silinder dapat dituliskan dalam persamaan (Reynolds, 1997):

$$g = \frac{0.04193}{n} \rho \left\{ (r_2 - r_1) + \sqrt{r_1^2 + L^2} - \sqrt{r_2^2 + L^2} \right\} \quad (2.14)$$

Keterangan:

- g : Respon gaya berat (mGal)
 n : Jumlah kompartemen tiap zona
 : Densitas (g/cc)
 r₁ : jari-jari radius dalam (m)
 r₂ : jari-jari radius luar (m)
 L : Selisih ketinggian dari titik pengukuran (m)

Untuk menghitung pengaruh medan digunakan templatetransparan, yang disebut *Hammer Chart*, yang ditempatkan di atas petatopografi. Hammer chart akan membagi daerah sekitar titik amat dengan beberapa zona dan sektor yang merupakan bagian dari silinder konsentris

g. Anomali Bouguer Lengkap

Anomali Bouguer Lengkap (*g_{ABL}*) atau yang biasa disebut sebagai CBA (*Complete Bouguer Anomaly*) merupakan nilai gravitasi absolut di setiap titik pengukuran. Nilai tersebut merupakan nilai yang sudah direduksi dengan koreksi-koreksi data gravitasi. Hasil anomali ini akan menunjukkan adanya suatu gangguan pada medan gravitasi bumi yang berasal dari anomali massa di bawah permukaan. Nilai anomali bouguer lengkap ini dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$g_{ABL} = g_{obs} - g_{\phi} + KUB - g_B + TC \quad (2.15)$$

Keterangan:

g_{obs} = Nilai gravitasi observasi (mGal)

g_{ϕ} = Koreksi lintang (mGal)

KUB = Koreksi udara bebas (mGal)

g_B = Koreksi Bouguer (mGal)

TC = koreksi Medan (mGal)

Pada umumnya nilai anomali Bouguer lengkap ini menggambarkan adanya variasi kontras densitas di bawah permukaan bumi. Variasi densitas ini kemungkinan disebabkan oleh suatu sumber anomali berupa distribusi massa batuan di bawah permukaan (Grant, 1965).

2.5.2 Pemisahan Anomali Regional dan Residual

Anomali Bouguer lengkap (g_{ABL}) masih merupakan gabungan antara anomali residual dan anomali regional, dimana secara matematis dapat dituliskan seperti berikut:

$$g_{ABL} = g_{reg} + g_{res} \quad (2.16)$$

Keterangan:

g_{ABL} = Anomali Bouguer Lengkap (mGal)

g_{reg} = Anomali regional (mGal)

g_{res} = Anomali residual (mGal)

Anomali residual adalah anomali yang mempresentasikan benda-benda anomali yang dangkal, sedangkan anomali regional adalah anomali yang

mempresentasikan benda-benda yang dalam. Oleh karena itu, perlu dilakukannya pemisahan antara anomali regional dan residual dengan cara mengurangi anomali Bouguer lengkap dengan anomali regional.

$$g_{res} = g_{ABL} - g_{reg}$$

Salah satu metode yang digunakan dalam mencari anomali adalah metode *Trend Surface Analysis* atau *Polynomial Fitting*.

Proses pemisahan anomali regional dan residual dapat dilakukan dengan metode pendekatan persamaan polinomial terhadap data-data anomali Bouguer yang akan diproses. Metode ini dikenal dengan sebutan *Trend Surface Analysis* (TSA) atau disebut juga *Polynomial Fitting*. Metode TSA mengasumsikan bahwa nilai dari data yang ada pada peta dapat diuraikan menjadi dua komponen, yaitu komponen *trend* dan komponen lokal. *Trend* didefinisikan sebagai data yang berfluktuasi secara teratur, sehingga komponen *trend* merupakan fungsi yang dapat diprediksi. Sedangkan komponen lokal memiliki fluktuasi acak dan umumnya disebut residual (Ismayanti, 2014). Jika dikaitkan dengan pemisahan anomali gravitasi, komponen *trend* merupakan anomali regional sedangkan komponen lokal merupakan anomali residual.

Persamaan dasar dari metode TSA (Unwin, 1978):

$$Z_{obs_i} = f(x_i, y_i) + u_i \quad (2.17)$$

Keterangan:

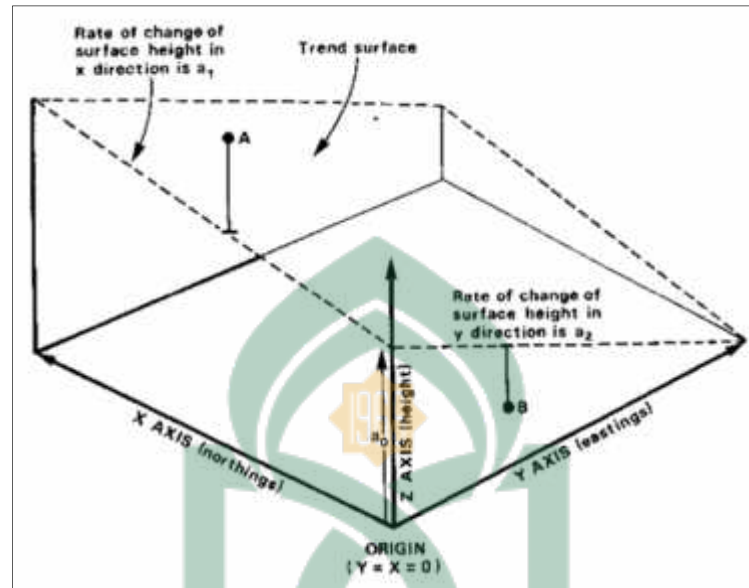
Z_{obs_i} = Nilai yang diobservasi pada titik ke-i

$f(x_i, y_i)$ = Komponen regional pada titik ke-i

x_i dan y_i = Koordinat pada arah x dan y pada titik ke-i

u_i = Komponen residual pada titik ke-i

i = Titik/stasiun ke-i ($i=0,1,2,3,\dots,n$)



Gambar 2.7 Ilustrasi *trend surface* linear (Unwin, 1978)

Keterangan:

a_0 = ketinggian dari permukaan pada peta, $x = y = 0$

a_1 = besarnya perubahan tinggi permukaan pada arah sumbu x . a_1 bernilai positif, mengindikasikan bahwa permukaan meningkat ke arah ini.

a_2 = besarnya perubahan tinggi permukaan pada arah sumbu y . a_2 bernilai negatif, mengindikasikan bahwa permukaan menurun pada arah ini.

Untuk menghitung tinggi permukaan, terlebih dahulu dicari komponen *trend*,

dimana:

Komponen trend = tinggi awal + perubahan pada arah $x \times$ jarak sumbu x +
perubahan pada $y \times$ jarak y

secara matematis, dapat ditulis:

$$Z_{t_i} = a_0 + a_1x_i + a_2y_i \quad (2.18)$$

Z_{t_i} merupakan tinggi komponen *trend* pada titik ke- i . Persamaan di atas disebut persamaan *trend surface* linear. Bila persamaan (2.18) disubstitusi ke persamaan (2.17), maka bentuknya menjadi:

$$\begin{aligned} Z_{obs_i} &= Z_{t_i} + u_i \\ Z_{obs_i} &= (a_0 + a_1x_i + a_2y_i) + u_i \end{aligned} \quad (2.19)$$

Dimana a merupakan koefisien regresi.

Untuk menyelesaikan persamaan diatas, terlebih dahulu dicari koefisien regresi menggunakan metode kuadrat terkecil (*least square method*). Prinsip dari metode ini adalah mencari kombinasi koefisien regresi yang dapat meminimalkan nilai residual (Ismayanti, 2014). Secara matematis, dituliskan (Unwin, 1978):

$$S = \sum_{i=1}^N u_i^2 \quad (2.20)$$

Keterangan:

S = jumlah kuadrat residual

N = jumlah data

Dari persamaan (2.19), didapatkan residual:

$$u_i = Z_{obs_i} - (a_0 + a_1x_i + a_2y_i) \quad (2.21)$$

Sehingga persamaan (2.20) dapat ditulis:

$$S = \sum_{i=1}^N u_i^2 = \sum_{i=1}^N (Z_{obs_i} - (a_0 + a_1x_i + a_2y_i))^2 \quad (2.22)$$

Agar persamaan (2.22) bernilai minimum, maka turunan pertama terhadap koefisien regresi (a) harus sama dengan 0.

$$\sum_{i=1}^N S \frac{\partial S}{\partial a_i} = \sum_{i=1}^N (S^2) = 0 \quad (2.23)$$

Sehingga:

$$\frac{\partial S}{\partial a_0} = \frac{\partial S}{\partial a_1} = \frac{\partial S}{\partial a_2} = 0 \quad (2.24)$$

Bila dijabarkan, didapatkan:

$$\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial a_0} &= \sum 2(Z_{obs_i} - (a_0 + a_1 x_i + a_2 y_i)) \cdot (-1) = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial a_1} &= \sum 2(Z_{obs_i} - (a_0 + a_1 x_i + a_2 y_i)) \cdot (-x_i) = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial a_2} &= \sum 2(Z_{obs_i} - (a_0 + a_1 x_i + a_2 y_i)) \cdot (-y_i) = 0 \end{aligned} \quad (2.25)$$

Persamaan (2.25) merupakan persamaan normal, jika disederhanakan menjadi:

$$\begin{aligned} a_0 N + a_1 \sum_{i=1}^N x_i + a_2 \sum_{i=1}^N y_i &= \sum_{i=1}^N Z_{obs_i} \\ a_0 \sum x_i + a_1 \sum_{i=1}^N x_i^2 + a_2 \sum_{i=1}^N x_i y_i &= \sum_{i=1}^N Z_{obs_i} \cdot x_i \\ a_0 \sum y_i + a_1 \sum_{i=1}^N x_i y_i + a_2 \sum_{i=1}^N y_i^2 &= \sum_{i=1}^N Z_{obs_i} \cdot y_i \end{aligned} \quad (2.26)$$

Untuk memudahkan proses perhitungan, persamaan (2.26) dapat dibuat dalam bentuk matriks, menjadi:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} N & \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N y_i \\ \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N x_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i y_i \\ \sum_{i=1}^N y_i & \sum_{i=1}^N x_i y_i & \sum_{i=1}^N y_i^2 \end{bmatrix}}_A \underbrace{\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}}_{\vec{x}} = \underbrace{\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N Z_{obs_i} x_i \\ \sum_{i=1}^N x_i y_i \\ \sum_{i=1}^N Z_{obs_i} y_i \end{bmatrix}}_{\vec{g}} \quad (2.27)$$

Atau dapat dituliskan:

$$A\vec{x} = \vec{g} \quad (2.28)$$

Keterangan:

A = Nilai Koordinat Posisi

\vec{x} = Nilai Anomali Regional

\vec{g} = Nilai Anomali Bouguer Lengkap

sehingga untuk mencari koefisien regresi:

$$\vec{x} = A^{-1} \vec{g} \quad (2.29)$$

Dimana A^{-1} merupakan invers dari matriks A dan setelah didapatkan nilai koefisien regresi, maka komponen regional (anomali regional) dapat ditentukan. Sedangkan komponen residual (anomali residual) didapatkan dari pengurangan nilai anomali Bouguer lengkap dengan anomali regional (Ismayanti, 2014).

Dalam metode TSA ini diaplikasikan pada persamaan polinomial, namun tidak untuk setiap orde. Umumnya, penggunaan persamaan polinomial dibatasi hanya sampai orde sederhana (orde 1 sampai orde 3). Penggunaan persamaan polinomial dengan orde yang lebih tinggi tidak direkomendasikan karena cenderung menghasilkan *noise* yang tidak dapat dipisahkan dengan data sehingga memberikan hasil yang tidak stabil (Kiusalaas, 2010). Adapun untuk pemilihan orde yang paling optimum dalam metode ini dapat dilakukan dengan menganalisis rms error dari anomali regional ataupun anomali residual yang dihasilkan terhadap anomali regional teoritis atau anomali residual teoritis. Kemudian rms error ini dibandingkan terhadap error yang dihasilkan untuk masing-masing orde (Sari, 2012).

Penggunaan orde yang paling tepat ditentukan berdasarkan standar deviasinya yang dirumuskan:

$$\sigma = \sqrt{\frac{S}{n-m}} \quad (2.30)$$

Keterangan:

S = jumlah kuadrat residu

n = jumlah data

m = orde persamaan polinomial.

Nilai m dipilih sesuai dengan harga S pada saat σ bernilai minimum (Kiusalaas, 2010).

2.5.3 Forward Modeling

Forward modeling (pemodelan ke depan) adalah suatu metode interpretasi yang memperkirakan densitas bawah permukaan dengan membuat terlebih dahulu benda geologi bawah permukaan. Kalkulasi anomali dari model yang dibuat kemudian dibandingkan dengan anomali Bouguer yang telah diperoleh dari survey gaya berat. Prinsip umum pemodelan ini adalah meminimumkan selisih anomali pengamatan untuk mengurangi ambiguitas. Yang dimaksud benda dua dimensi di sini adalah benda tiga dimensi yang mempunyai penampang yang sama dimana saja sepanjang tak berhingga pada satu koordinatnya. Pada beberapa kasus, pola kontur anomali bouguer adalah bentuk berjajar yang mengidentifikasi bahwa penyebab anomali tersebut adalah benda yang memanjang. Pemodelan dinyatakan dalam bentuk dua dimensi karena efek gravitasi dua dimensi dapat ditampilkan dalam bentuk profil tunggal.

2.6 Rapat Massa Batuan

Rapat massa atau *density* suatu batuan merupakan penyebab utama bervariasinya anomali gravitasi di permukaan bumi yakni adanya inhomogenitas kerapatan dilapisan bumi yang lebih atas atau kerak bumi. Harga rapat massa batuan dapat juga dikatakan berbanding lurus dengan anomali gaya berat, artinya

semakin besar rapat massa atau densitas suatu batuan disuatu permukaan maka nilai gravitasi yang terukur juga semakin besar (Sari, 2012).

Fakto-faktor utama yang mempengaruhi besar densitas diantaranya:

1. Komposisi minerologi batuan
2. Struktur dan tekstur batuan
3. Tingkat diagenesis dan metamorfosa batuan
4. Usia dan pisisi geologis terbentuknya batuan.

Tabel daftar densitas merupakan salah satu acuan yang dapat dijadikan pertimbangan dalam pembuatan model sebagai penyebab anomali gaya berat suatu daerah.

Tabel 2.2 Nilai Densitas Batuan (Telford, 1990)

Jenis Batuan	Batas (mg/m ³)	rata-rata (mg/m ³)	Jenis Batuan	Batas (mg/m ³)	rata-rata (mg/m ³)
<i>Sedimentary rocks</i>			Metalic minerals		
Overburder		1,92	<i>Oxides, carbonates</i>		
Soil	1,2-2,4	1,92	Bauxite	2,3-2,55	2,45
Clay	1,63-2,6	2,21	Limonite	3,5-4,0	3,78
Gravel	1,7-2,4	2,0	Siderite	3,7-3,9	3,83
Sand	1,7-2,3	2,0	Rutile	4,18-4,3	4,25
Sandstone	1,61-2,76	2,35	Manganite	4,2-4,4	4,32
Shale	1,77-3,2	2,40	Chromite	4,3-4,6	4,36
Limestone	1,93-2,90	2,55	Ilmenite	4,3-5,0	4,67
Dolomite	2,28-2,90	2,70	Pyrolusite	4,7-5,0	4,82
<i>Igneous rocks</i>			Magnetite	4,9-5,2	5,12
Rhyolite	2,35-2,70	2,52	Franklinite	5,0-5,22	5,12
Andesite	2,4-2,8	2,61	Hematite	4,9-5,0	5,18
Granite	2,50-2,81	2,64	Cuprite	5,7-6,15	5,92
Granodiorite	2,67-2,79	2,73	Cassiterite	6,8-7,1	6,92
Porphyry	2,60-2,89	2,74	Wolframite	7,1-7,5	7,32
Quartz diorite	2,62-2,96	2,79	<i>Sulfides, arsenides</i>		
Diorite	2,72-2,99	2,85	Sphalerite	3,5-4,0	3,75

Jenis Batuan	Batas (mg/m³)	rata-rata (mg/m³)
Lavas	2,80-3,00	2,90
Diabase	2,50-3,20	2,91
Basalt	2,70-3,30	2,99
Gabbro	2,70-3,50	3,03
Peridotite	2,78-3,37	3,15
Acid igneous	2,30-3,11	2,61
Basic igneous	2,09-3,17	2,79
<i>Metamorphic rocks</i>		
Quartzite	2,5-2,70	2,60
Schists	2,39-2,9	2,64
Graywacke	2,6-2,7	2,65
Marble	2,6-2,9	2,75
Serpentine	2,4-3,10	2,78
Slate	2,7-2,9	2,79
Gneiss	2,59-3,0	2,80
Amphibolite	2,90-3,04	2,96
Eclogite	3,2-3,54	3,37

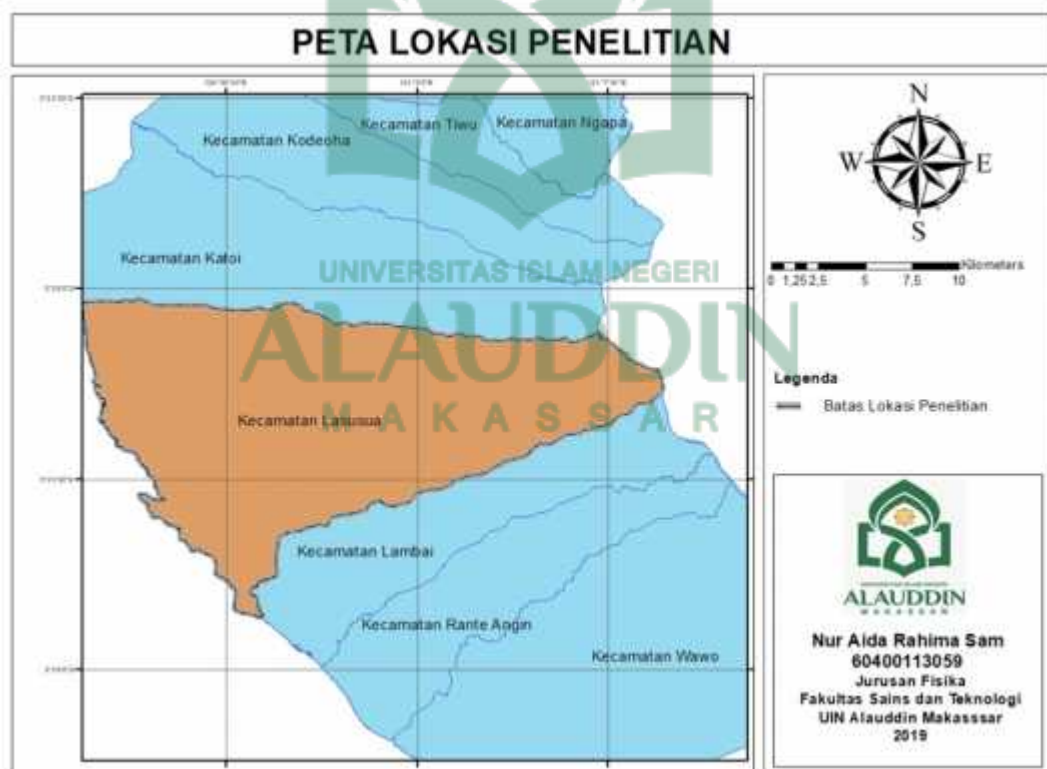
Jenis Batuan	Batas (mg/m³)	rata-rata (mg/m³)
Malachite	3,9-4,03	4,0
Chalcopyrite	4,1-4,3	4,2
Stannite	4,3-4,52	4,4
Stibnite	4,5-4,6	4,6
Pyrrhotite	4,5-4,8	4,65
Molybdenite	4,4-4,8	4,7
Marcasite	4,7-4,9	4,85
Pyrite	4,9-5,2	5,0
Bornite	4,9-5,4	5,1
Chalcocite	5,5-5,8	5,65
Cobaltite	5,8-6,3	6,1
Arsenopyrite	5,9-6,2	6,1
Bismuthinite	6,5-6,7	6,57
Galena	7,4-7,6	7,5
Cinnabar	8,0-8,2	8,1
<i>Non-metallic minerals</i>		
Petroleum	0,6-0,9	
Ice	0,88-0,92	
Sea water	0,01-1,05	
Lignite	1,1-1,25	1,19
Soft coal	1,2-1,5	1,32
Anthracite	1,34-1,8	1,50
Chalk	1,53-2,6	2,01
Graphite	1,9-2,3	2,15
Rock salt	2,1-2,6	2,22
Gypsum	2,2-2,6	2,35
Kaolinite	2,2-2,63	2,53
Orthoclase	2,5-2,6	
Quartz	2,5-2,7	2,65
Calcite	2,6-2,7	
Anhydrite	2,29-3,0	2,93
Biotite	2,7-3,2	2,92
Magnesite	2,9-3,12	3,03
Fluorite	3,01-3,25	3,14
Barite	4,3-4,7	4,47

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian studi pemodelan struktur bawah permukaan berdasarkan metode gaya berat pada daerah panas bumi Kec. Lasusua Kab. Kolaka Utara dilakukan mulai dari September – November 2019. Pengolahan data penelitian dilakukan di kampus 2, UIN Alauddin Makassar, Jl. Sultan Alauddin No.36 Samata Kab. Gowa.



Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Satu unit laptop dan data gaya berat, berfungsi untuk menganalisa dan mengolah data.
2. *Softfile* peta geologi Lembar Lasusua-Kendari, berfungsi untuk mengetahui kandungan batuan yang berada pada lokasi penelitian.
3. *Softfile* peta *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), berfungsi untuk mengetahui medan lokasi penelitian.
4. *Software Microsoft Excel*, berfungsi untuk perhitungan koreksi-koreksi anomali.
5. *Software ArcGis V 10.1*, berfungsi untuk membuat peta lokasi penelitian.
6. *Software Surfer V 11*, berfungsi untuk membuat kontur penyebaran anomali gravity.
7. *Software Global Mapper V 15*, berfungsi untuk menentukan zona luar dan zona dalam pada koreksi *terrain*.
8. *Software Matlab R2013b*, berfungsi untuk pemisahan anomali residual dan anomali regional.
9. *Software Geosoft Oasis Montaj V 8.4*, berfungsi untuk membuat pemodelan bawah permukaan.

3.3 Prosedur Pengolahan Data

3.3.1 Pengolahan Data

Data gravity pada penelitian ini merupakan data gravity observasi dan data FAA (*Free Air Anomali*) yang telah dilakukan beberapa koreksi. Selanjutnya dilakukan koreksi-koreksi menggunakan persamaan yang telah disebutkan pada

Bab II hingga mendapatkan Anomali Bouguer Lengkap. Tahapan pengolahan data hingga didapatkan anomali Bouguer lengkap adalah sebagai berikut:

1. Menghitung nilai koreksi lintang (Persamaan 2.10)
2. Menghitung nilai koreksi bouguer (Persamaan 2.13)
3. Menghitung nilai koreksi medan (*Terrain Corretion*)

Pada penelitian ini, koreksi medan memiliki dua nilai koreksi yaitu nilai koreksi zona dalam (*Inner*) dan nilai koreksi zona luar (*Outter*) yang akan dihitung menggunakan *Software*, sehingga akan diperoleh nilai koreksi medan total.

4. Menghitung nilai anomali bouguer lengkap

Setelah memperoleh nilai Anomali Bouguer Lengkap (Persamaan 2.15), selanjutnya membuat peta kontur ABL untuk melihat penyebaran anomali gravitasi pada daerah penelitian.

3.3.2 Prosedur Pemisahan Anomali dan Pemodelan

Anomali Bouguer merupakan gabungan dari anomali Bouguer regional dan residual. Untuk mendapatkan anomali bouguer residual pada daerah penelitian, perlu dilakukan pemisahan anomali. Pada penelitian ini dilakukan pemisahan dengan menggunakan metode *Trend Surface Anaysis* (TSA) menggunakan persamaan polinomial orde 1 hingga orde 3. Pemisahan anomali dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Matlab*, yaitu dengan membuat program perhitungan sederhana berdasarkan rumus-rumus yang telah disebutkan pada Bab II. Adapun untuk pemilihan orde ditentukan dengan menggunakan orde

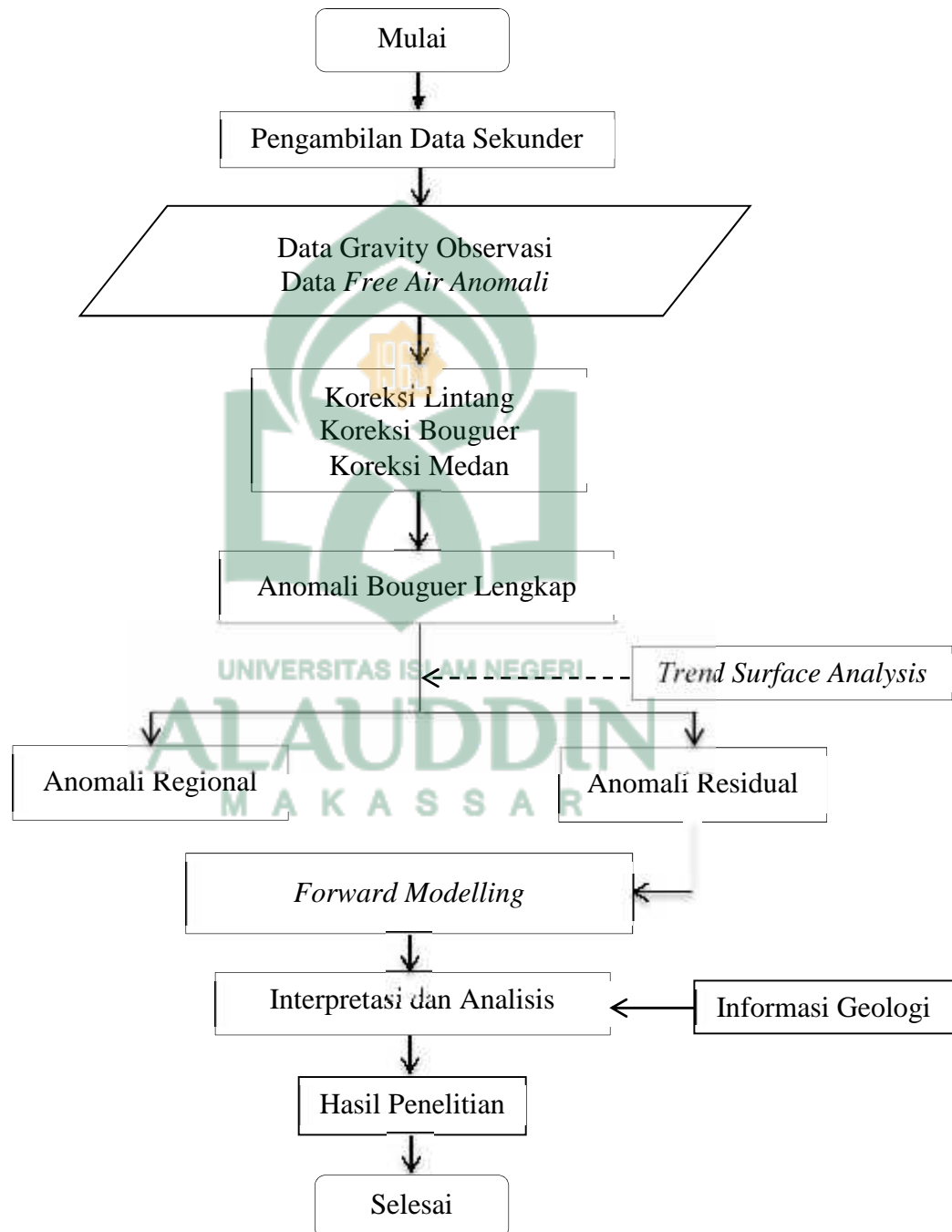
yang memiliki standar deviasi minimumlah yang dianggap tepat untuk digunakan dalam pembuatan model.

3.3.3 *Forward Modeling*

Pemodelan kedepan 2.5D (*Forward Modeling*) yang dibuat berdasarkan data residual. Forward modeling dilakukan dengan menggunakan *software Geosoft Oasis Montaj* dengan cara menginput data grid residual yang telah diperoleh kemudian menarik garis atau membuat slice pada daerah yang terindikasi panas bumi yaitu melewati lintasan sesar dan hostpot air panas. Pemodelan dilakukan dengan membuat berbagai kemungkinan model geometris bawah permukaan. Sehingga dapat mengidentifikasi struktur bawah permukaan dengan baik.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram alir pada penelitian yaitu:



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

a. Analisis Anomali Bouguer Lengkap

Data gravity pada penelitian ini merupakan data gravity observasi dan data FAA (*Free Air Anomaly*) yang telah dilakukan beberapa koreksi. Jumlah titik data yang diolah pada penelitian ini sebanyak 10.452 datum yang tersebar seluruh Kec. Lasusua Kab. Kolaka Utara dengan titik pengamatan dibatasi oleh koordinat $3^{\circ}28'7,38''$ - $3^{\circ}37'33,68''$ LS dan $120^{\circ}52'50,04''$ - $121^{\circ}9'0,12''$. Pada tabel 4.1 berikut adalah contoh data awal yang diolah pada penelitian ini yang terdiri dari nilai bujur, lintang, gravitasi observasi yang merupakan nilai gravitasi yang didapat dari pengukuran dan *Free Air Anomaly* (FAA) yang merupakan selisih harga gaya berat pengamatan dengan harga gaya berat teoritik.

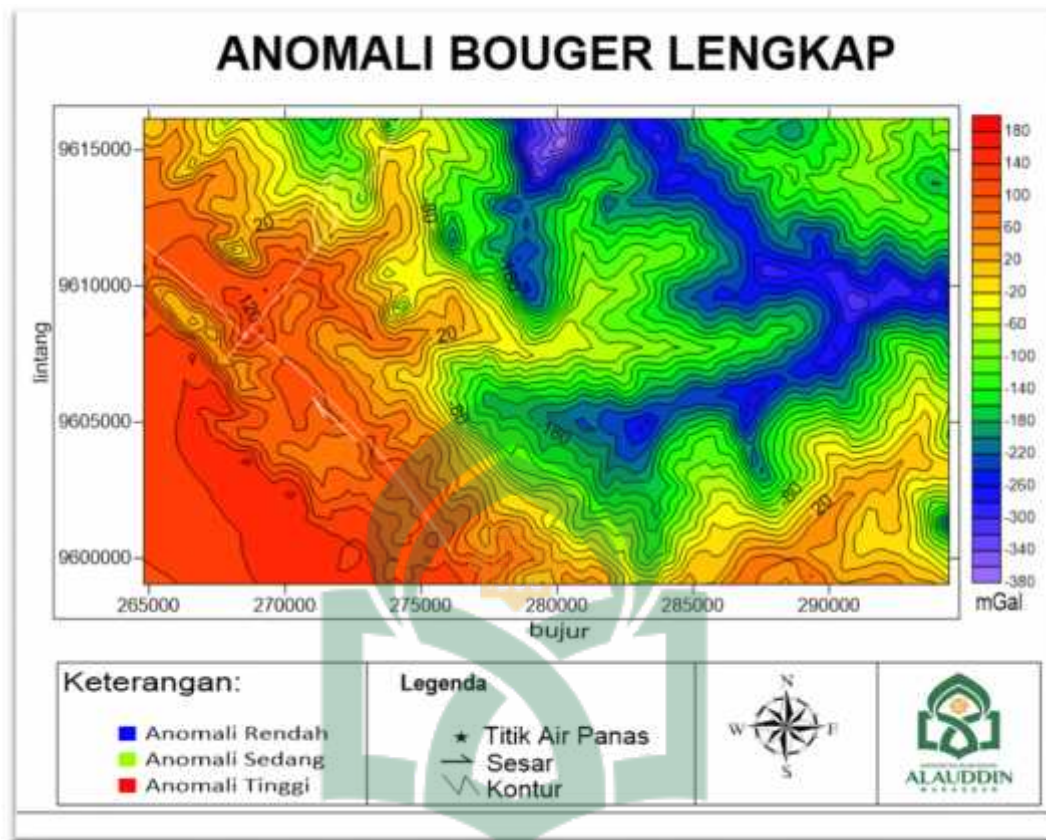
Tabel 4.1 Data Gravity Observasi dan Data *Free Air Anomaly*

No.	Bujur (m)	Lintang (m)	Gravitasi Observasi (mGal)	<i>Free Air Anomaly</i> (mGal)
1	265290.2	9599049	978103.1	68
2	265512.4	9599050	978103.4	68.03
3	265734.7	9599051	978103.8	68.07
4	265956.9	9599051	978104.1	69
5	266179.2	9599052	978104.4	69.02
6	266401.4	9599052	978104.7	69.06
7	266623.7	9599053	978105.2	70.01
8	266846	9599053	978105.2	70.02
9	267068.2	9599054	978105.6	70.07
10	267290.5	9599054	978106.2	71.03
11	267512.7	9599055	978107.3	72.04
12	267735	9599055	978108.3	73.04

No.	Bujur (m)	Lintang (m)	Gravitasi Observasi (mGal)	<i>Free Air Anomaly</i> (mGal)
13	267957.2	9599056	978109.6	74.07
14	268179.5	9599056	978110.6	75.06
15	268401.7	9599057	978111.8	76.08
16	268624	9599057	978112.9	78
17	268846.3	9599058	978113.8	78.09
18	269068.5	9599058	978114.7	79.08
19	269290.8	9599059	978115.2	80.02
20	269513	9599059	978115.8	80.09
21	269735.3	9599060	978116.2	81.02
22	269957.5	9599060	978116.2	81.04
23	270179.8	9599061	978116.2	81.03
24	270402	9599061	978116.2	81.04
25	270624.3	9599062	978116.4	81.05
26	270846.5	9599062	978116.6	81.07
27	271068.8	9599063	978116.8	81.09
28	271291	9599063	978116.8	82
29	271513.3	9599064	978117.3	82.05
30	271735.5	9599064	978117.5	82.07
31	271958	9599065	978118	83.03
32	272180	9599065	978119	83.07
33	272402	9599066	978119	83.06
34	272625	9599066	978119	83.07
35	272847	9599067	978119	84
36	273069	9599067	978118	84
37	273291	9599068	978115	82.07
38	273514	9599068	978106	86
39	273736	9599069	978095	92.02
40	273958	9599069	978101	88.02

Sumber: GGMPlus 2013 (<http://bgi.omp.obs-mip.fr/data-products/Grids-and-models/GGMplus2013-gravity-model>).

Dari data gravitasi observasi dan FAA di atas maka dilakukan koreksi anomali bouguer (Persamaan 2.13), koreksi lintang (Persamaan 2.10) dan koreksi *terrain* menggunakan *software Global Mapper* dan *Oasis Montaj* hingga diperoleh nilai Anomali Bouguer Lengkap (Persamaan 2.15) lalu hasilnya dipetakan dalam *software Surfer 11* sehingga dapat dilihat seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Anomali Bouguer Lengkap

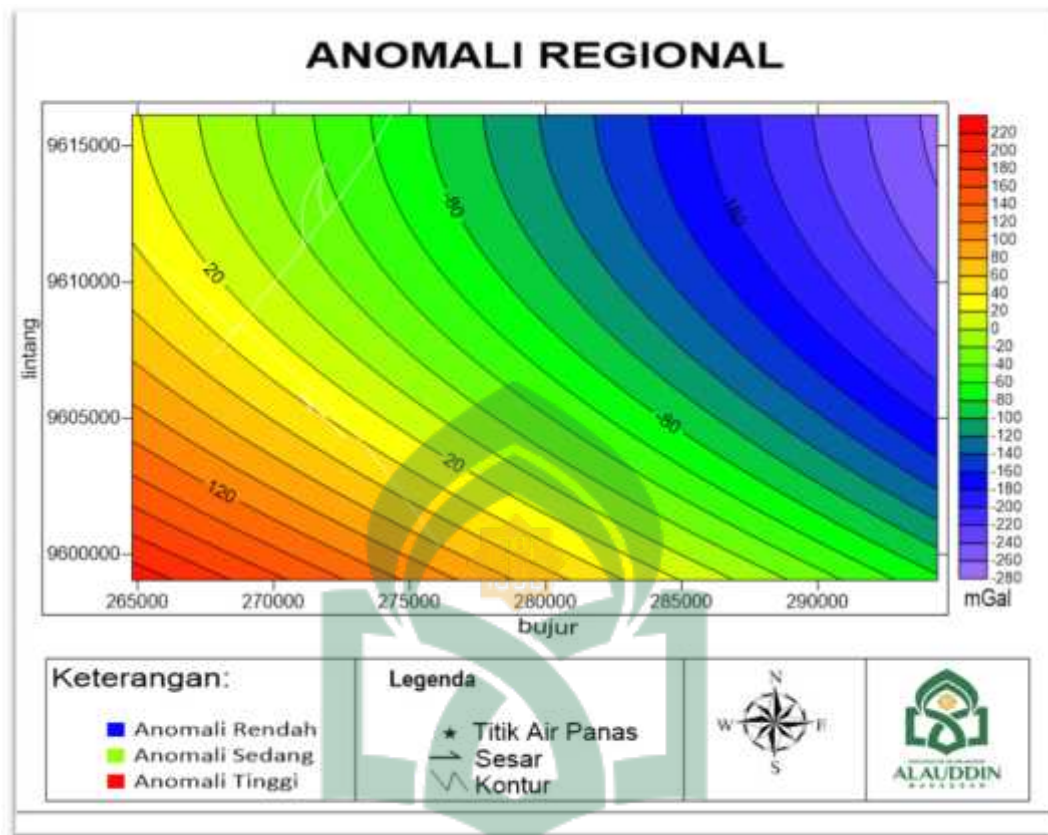
Pada Gambar 4.1 di atas menunjukkan nilai anomali bouguer lengkap sebagai nilai gravitasi absolut pada setiap titik pengukuran, nilai tersebut diperoleh pada penelitian memiliki rentang nilai antara -380 mGal hingga 180 mGal. Hasil tersebut merupakan respon dari variasi rapat massa batuan yang ada pada daerah penelitian. Dalam hal ini rentang nilai anomali dibedakan menjadi 3 bagian yaitu anomali rendah, anomali sedang dan anomali tinggi. Anomali rendah ditunjukkan daerah dengan interval warna antara warna biru muda sampai biru tua dengan rentang nilai anomali antara -380 mGal hingga -220 mGal yang mendominasi pada bagian Utara hingga Timur daerah penelitian, warna hijau hingga pada warna kuning menunjukkan nilai anomali sedang dengan rentang nilai -180 mGal hingga -20 mGal yang mendominasi umumnya pada Timurlaut

dan Selatan daerah penelitian, sedangkan untuk anomali tinggi berada antara warna kuning tua hingga merah dengan rentang nilai 20 mGal hingga 180 mGal yang menempati pada bagian Barat daerah penelitian.

Nilai Anomali Bouguer Lengkap merupakan anomali gravitasi yang menunjukkan pola penyebaran densitas batuan di bawah permukaan dan juga hasil superposisi antara sumber anomali dalam (regional) dan sumber anomali dangkal (residual) yang disebabkan adanya pengaruh massa yang terdapat di daerah sekeliling bawah permukaan daerah pengukurannya. Maka dari itu dilakukan pemisahan anomali regional dan anomali residual dengan menggunakan metode *Trend Surface Analysis* (TSA). Pemisahan anomali regional dan anomali residual dilakukan menggunakan *software Matlab* dengan menginput persamaan polinomial orde 1 hingga orde 3. Dengan pemilihan orde dengan nilai standar deviasi yang paling rendah. Setelah keseluruhan data regional dan residual diperoleh, maka data dipetakan dalam *software Surfer 11*.

b. Anomali Regional

Anomali regional merupakan anomali gravitasi yang berhubungan dengan struktur regional kerak bumi. Anomali regional memiliki pola kontur yang lebih teratur. Hal tersebut disebabkan oleh efek batuan yang dalam seperti batuan dasar (*basement*) sehingga cenderung lebih homogen dibandingkan dengan batuan yang dangkal. Data dari anomali bouguer lengkap yang telah dilakukan pemisahan anomali yang diolah menggunakan *software Matlab*. Hasilnya dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 4.3 berikut.



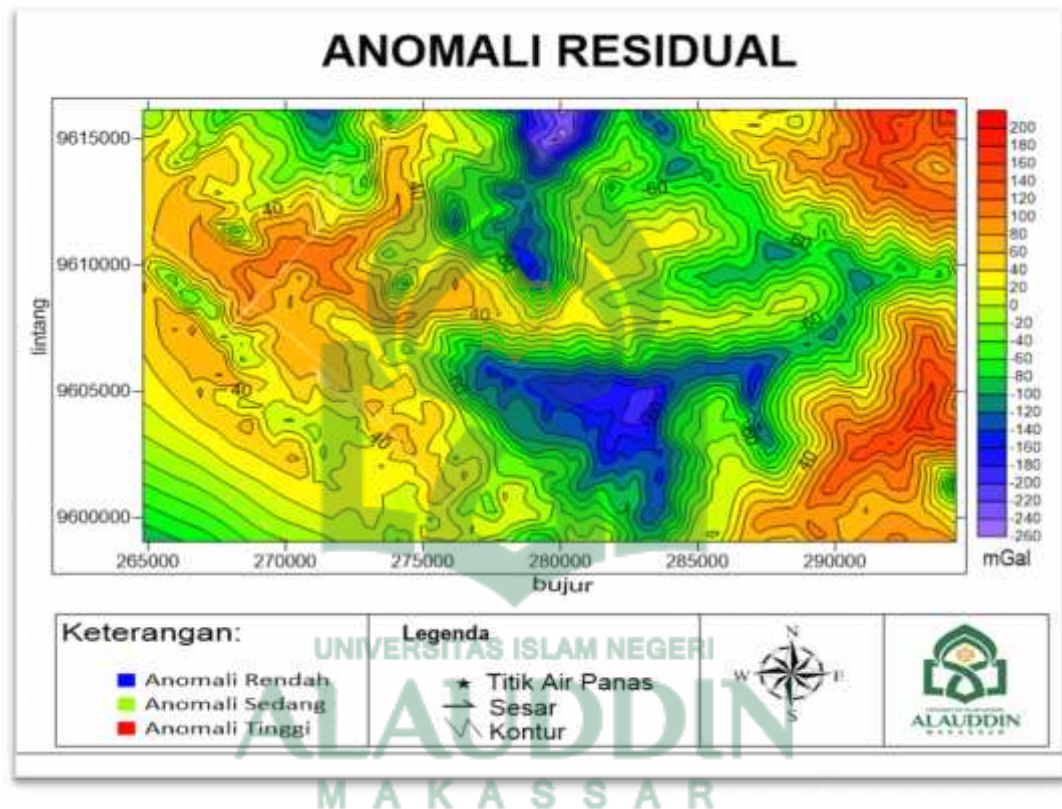
Gambar 4.2 Anomali Regional

Berdasarkan Gambar 4.3 di atas dapat dilihat bahwa anomali regional pada daerah penelitian berkisar antara -280 mGal hingga 220 mGal. Pola anomali regional memiliki kecendrungan tinggi dibagian Baratdaya dan merendah secara gradasi ke arah Timurlaut. Nilai tinggi yang berada di bagian Baratdaya mengindikasikan bahwa batuan dasar pada daerah tersebut memiliki densitas yang cukup tinggi dibandingkan dengan batuan yang berada di bagian Timurlaut.

c. Anomali Residual

Anomali residual merupakan anomali yang berhubungan dengan struktur lokal atau dengan kata lain anomali residual merupakan anomali yang menggambarkan persebaran densitas batuan yang dangkal. Batuan yang terdapat pada kedalaman yang dangkal umumnya memiliki nilai anomali yang bervariasi

hal tersebut disebabkan oleh batuan yang bervariasi pula. Data dari anomali bouguer lengkap dilakukan pemisahan anomali yang telah diolah menggunakan *software Matlab*. Hasilnya dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Anomali Residual

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat nilai anomali daerah penelitian berkisar antara -260 mGal hingga 200 mGal. Adapun pola umum anomali residual mengindikasikan bahwa blok batuan pada bagian Timurlaut, Tenggara dan Barat memiliki densitas yang tinggi. Sehingga dapat diindikasikan bahwa batuan yang memiliki densitas tinggi tersebut memiliki kemenerusan dari kedalaman yang dalam hingga kedalaman yang dangkal. Sedangkan pada bagian tengah ke arah Utara dan Selatan memiliki densitas rendah. Berdasarkan tinjauan geologi daerah penelitian

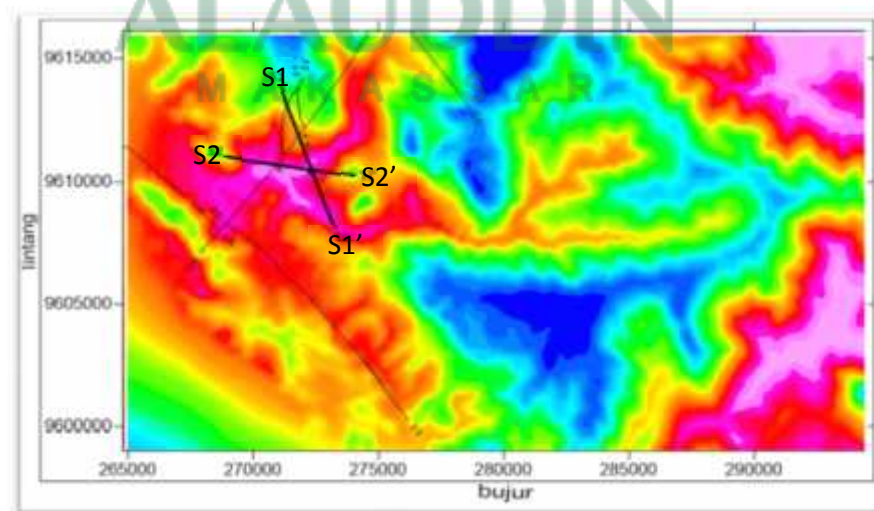
maka diperkirakan anomali tinggi pada daerah Barat merupakan pengaruh dari adanya sesar naik sinistral dan terdapat batuan metamorf (*filit*) yang tersingkap kepermukaan seperti diketahui bahwa densitas batuan metamorf lebih tinggi dibandingkan dengan batuan lainnya. Pada gambar juga diketahui terdapat anomali tinggi pada daerah mata air panas yang anomali tinggi ini diinterpretasikan sebagai adanya aktivitas plutonisme, batuan plutonik inilah yang diduga sebagai sumber panas di daerah penelitian (Zarkasyi, 2015). Sedangkan tidak jauh dari daerah mata air panas terdapat anomali rendah dimana anomali rendah ini diakibatkan oleh densitas yang rendah pula, selain itu anomali rendah mengindikasikan adanya zona lemah, sehingga dapat diduga adanya pengaruh struktur permukaan berupa sesar yang menyebabkan adanya fluida yang keluar di atas permukaan sebagai manifestasi panas bumi.

Dalam sistem Geothermal, struktur sesar merupakan jalur fluida ke permukaan (*Discharge Area*) dan masuk ke bawah permukaan (*Recharge Area*). Sesar yang terjadi di batuan yang kemudian dilalui oleh fluida dapat dimungkinkan mengalami alterasi. Akibat adanya alterasi, maka nilai densitas batuan tersebut mengalami perubahan. Batuan yang mengalami alterasi, umumnya akan memiliki densitas yang lebih rendah (Zarkasyi, 2015) sehingga dapat dikatakan bahwa adanya perbedaan nilai anomali residual positif (tinggi) dengan anomali negatif (rendah) mengindikasikan adanya sesar (Sari, 2016). Adapun posisi sesar dan kedalaman sesar belum dapat diprediksi menggunakan anomali residual, sehingga dibutuhkan metode lainnya untuk mengetahui letak dan kedalaman sesar pada daerah penelitian.

d. Pemodelan Bawah Permukaan

Pemodelan bawah permukaan pada anomali Bouguer dilakukan untuk melihat pola struktur batuan pada daerah penelitian secara umum yaitu menentukan ataupun menebak nilai densitas yang ada di bawah permukaan, hal ini biasanya disebut dengan *trial and error*. Namun pada proses ini dilakukan pemodelan dengan menggunakan *software Geosoft Oasis Montaj* yang dibantu oleh menu *GM-SYS.omn*.

Pemodelan struktur bawah permukaan bertujuan untuk melihat kondisi bawah permukaan untuk dikorelasikan dengan peta geologi regional dan potensi panas bumi pada daerah penelitian. Pemodelan struktur bawah permukaan dilakukan dengan menggunakan 2 lintasan slice pada anomali residual. Hal ini dilakukan untuk melihat struktur patahan dan batuan yang terdapat pada daerah penelitian.



Gambar 4.4 Lintasan Pemodelan Struktur Bawah Permukaan

Pemodelan lintasan S1-S1' memiliki arah dari utara ke selatan dengan memotong daerah patahan dan melwati zona yang diduga sebagai batuan terobos untuk melihat model batuan bawah permukaan pada daerah tersebut.

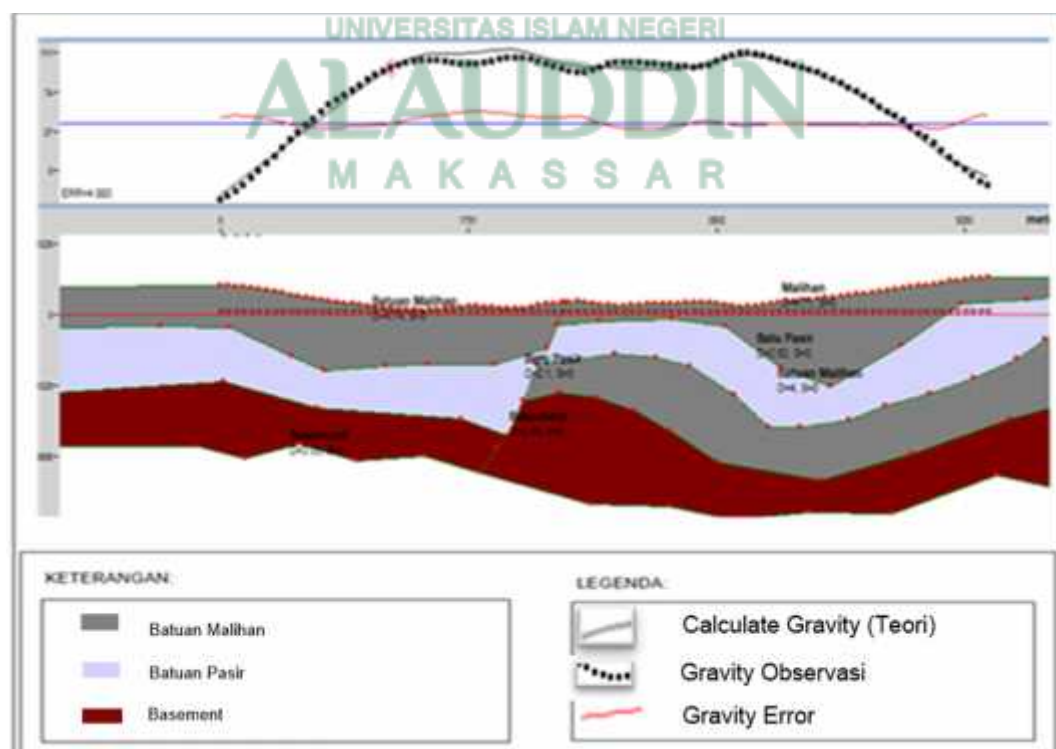


Pada lintasan S1-S1' terdapat 4 lapisan pada sisi kiri dan sisi kanan dan dipotong dengan batuan intrusi pada bagian tengah dari bawah hingga ke permukaan, batuan intrusi ini diduga merupakan batuan ofiolit dengan densitas $3,07 \text{ mg/m}^3$. Pada lapisan paling atas pada permukaan terdapat batuan malihan dengan densitas yang tinggi yaitu $3,4 - 4 \text{ mg/m}^3$ dengan ketebalan kurang lebih 1000 m. Pada

lapisan kedua dengan densitas rendah yang ditafsirkan sebagai batuan serpih dengan densitas $1,72 \text{ mg/m}^3$ pada bagian kiri dan pada bagian kanan terdapat batuan dengan densitas sedang yang ditafsirkan sebagai batu kuarsit dengan densitas $2,98 \text{ mg/m}^3$ dengan ketebalan masing-masing kurang lebih 800 m. Pada lapisan ketiga pada bagian kiri dan kanan terdapat batu pasir yang diduga sebagai reservoir dengan densitas antara $2,1 - 2,68 \text{ mg/m}^3$ dengan ketebalan kurang lebih 700 m. Pada lapisan yang paling bawah terdapat batuan dengan densitas yang relatif tinggi yang diduga sebagai basement dengan densitas $3,66 \text{ mg/m}^3$.

2. Penampang Lintasan S2 – S2'

Pemodelan lintasan S2-S2' memiliki arah dari barat ke timur memotong lintasan S1-S1'. Lintasan ini memotong daerah sesar hingga melewati titik mata air panas untuk menyesuaikan dengan model slice yang pertama.



Gambar 4.6 Penampang Hasil Pemodelan Lintasan S2-S2'

Pada lintasan ini terdapat indikasi jenis patahan naik dengan melihat model batuan sebelah kiri yang mengarah ke atas dan bagian kiri mengarah ke bawah pada bagian perpotongan. Lapisan batuan yang terdapat pada bagian kanan hampir sama dengan lapisan batuan pada slice yang pertama.

Pada lapisan paling atas yang berada dekat dengan permukaan diinterpretasikan sebagai batuan Malihan yang memiliki densitas sangat tinggi yaitu $4,7 \text{ mg/m}^3$ serta ketebalan sekitar 500 – 1200 m yang merupakan batuan tertua yang terdapat pada daerah penelitian. Pada lapisan tengah terdapat densitas yang relatif rendah antara $2,0 - 2,62 \text{ mg/m}^3$ dengan ketebalan kurang lebih 1000 m yang diindikasikan sebagai batu pasir yang diduga sebagai reservoir pada daerah penelitian. Lapisan paling bawah merupakan basement dengan densitas $3,44 \text{ mg/m}^3$.

4.2 Pembahasan

Anomali residual (Gambar 4.3) menunjukkan nilai anomali residual pada daerah penelitian umumnya bernilai tinggi pada bagian tengah ke arah barat yang mengindikasikan bahwa blok batuan pada bagian tersebut memiliki densitas tinggi. Sedangkan anomali rendah berada pada bagian tengah ke arah timur. Pola anomali rendah ini pula memiliki kesamaan dengan anomali regional (Gambar 4.2) yang mengindikasikan blok batuan pada bagian tersebut memiliki densitas yang rendah. Berdasarkan tinjauan geologi daerah penelitian, maka diperkirakan anomali tinggi pada daerah timurlaut adalah batuan metamorf (*filit*) yang tersingkap ke permukaan akibat adanya aktivitas tektonik yang terjadi pada daerah penelitian, dimana seperti yang diketahui batuan metamorf memiliki

densitas yang lebih tinggi dibandingkan batuan lainnya. Sedangkan anomali rendahnya merupakan satuan batuan sedimen.

Pada pemodelan lintasan slice S1-S1' (gambar 4.5) terdapat 4 lapisan batuan dan dipotong oleh batuan intrusi (formasi batuan) Ofiolit yang diinterpretasikan sebagai adanya aktifitas plutonik yaitu batuan intrusi magma yang menerobos batuan lain akibat adanya pergerakan sesar pada daerah penelitian. Batuan intrusi inilah yang diduga sebagai sumber panas di daerah penelitian. Pada slice S1-S1' juga melitasi spot mata air panas yang berada tidak jauh dari lokasi batuan intrusi yaitu pada titik koordinat 3°31'15" LS dan 120°56'27" BT sehingga dapat diduga adanya pengaruh struktur bawah permukaan berupa rembesan dari rekahan-rekahan batuan dari sesar yang menyebabkan adanya fluida yang keluar di atas permukaan sebagai manifestasi panas bumi. Seperti penjelasan pada Bab II (Tabel 2.1) potensi panas bumi pada daerah Kec. Lasusua berpotensi kecil-sedang (~50MW) merupakan tipe non-vulkanik dengan temperatur rendah – sedang ~200°C.

Pada pemodelan lintasan slice S2-S2' (gambar 4.6) terdapat 3 lapisan batuan yang terpotong dengan adanya sesar yang berdasarkan tinjauan geologi daerah penelitian merupakan sesar naik. Pada lintasan ini juga tergambar jelas model sistem panas bumi terdapat batuan berpori yang pada daerah penelitian diinterpretasikan sebagai batuan pasir yang merupakan reservoir yang di bawahnya terdapat batuan *basement* dan ditutup oleh batuan padat yang berfungsi sebagai batuan penudung yaitu batuan *filit*. Pola ini juga terlihat pada lintasan yang pertama yaitu terdapat basement, reservoir yang diinterpretasikan sebagai

batuan pasir dan ditutup oleh batuan keras yang diinterpretasikan sebagai batuan serpih dan batuan kuarsit. Seperti dijelaskan pada Bab II (gambar 2.2) model sistem panas bumi yaitu terdapat *basement* sebagai alas, reservoir sebagai penyimpan fluida dan bagian atasnya ditutup oleh batuan penudung (*caprock*) sebagai penutup reservoir untuk mencegah keluar atau bocornya fluida panas bumi dari reservoir.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data, maka dapat disimpulkan hasil penelitian sebagai berikut :

1. Pemodelan struktur bawah permukaan di daerah panas bumi dengan menggunakan metode gaya berat (*Gravity*) menunjukkan bahwa terdapat batuan intrusi yang diinterpretasikan sebagai formasi ofiolit dengan nilai densitas sebesar $3,07 \text{ mg/m}^3$. Terdapat batuan dengan densitas besar yaitu mencapai $4,7 \text{ mg/m}^3$ yang diprediksi sebagai batuan malihan berupa *filit* yang tersingkap hingga ke permukaan. Densitas rendah pada daerah Barat laut yaitu $1,72 \text{ mg/m}^3$ diinterpretasikan sebagai batu serpih. Densitas sedang dengan nilai antara $2,1 - 2,6 \text{ mg/m}^3$ yang diinterpretasikan sebagai batuan pasir dan densitas $2,98 \text{ mg/m}^3$ yang diinterpretasikan sebagai batuan kuarsit. Batuan dengan densitas relatif tinggi yaitu $3,6 \text{ mg/m}^3$ yang diinterpretasikan sebagai basement.
2. Potensi panas bumi pada daerah Kec. Lasusua dari hasil pemodelan struktur bawah permukaan dengan menggunakan metode gaya berat (*Gravity*) yaitu berpotensi sedang yang merupakan tipe panas bumi non-vulkanik, terdapat batuan intrusi sebagai sumber panas pada daerah penelitian dan terdapat spot mata air panas yang berada tidak jauh dari batuan intrusi yang diduga merupakan hasil dari rembesan rekahan batuan yang menyebabkan adanya fluida yang keluar di atas permukaan sebagai manifestasi panas bumi dan dan

model sistem panas buminya terdapat basement sebagai batuan dasar, batuan pasir sebagai reservoir untuk menyimpan manifestasi air panas dan ditutup oleh batuan malihan sebagai batuan penudung untuk mencegah keluar atau bocornya fluida panas bumi dari reservoir.

5.2 Saran

Untuk keperluan penelitian lebih lanjut diharapkan melakukan analisis tambahan pada estimasi posisi, kedalaman anomali dan volume manifestasi panas bumi sehingga hasil yang diperoleh lebih meyakinkan lagi.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Faisal, *Kelebihan dan Kekurangan Setiap Metode Geofisika dan Hubungannya Dengan Model Eksplorasi Obyek Geofisika*, 2015.
- Blakely, R.J., *Potensial Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1996.
- Darmawan, S. U, Harmoko. Sugeng W. *Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Di Area Panasbumi Desa Diwak Dan Derekan Kecamatan Bergas Kabupaten Semarang*. Semarang: Universitas Diponegoro. 2014.
- Daud, Yunus. *Introduction to geothermal system and technology*. Jakarta: FMIPA Universitas Indonesia, 2010.
- DiPippo, R. *Geothermal Power Plants*. 2nd Ed. McGraw-Hill. 2007.
- Dicson, M. H and Fanelli, M. *Waht is Geothermal Energy*. University of Colombia, 2004.
- Dwikorianto, T. dan Ciptadi. *Eksplorasi, Eksploitasi & Pengembangan Panasbumi di Indonesia*. Semarang: Seminar Nasional HM Teknik Geologi UNDIP, 2006.
- Fajar, *Energy Geothermal*. <https://matafajar.wordpress.com/power-plant/energy-geothermal/> (Diakses 11 April 2018).
- Grant, F. S., and West, G. F., *Interpretation Theory in Applied Geophysics*, New York: Mc GRAW-HILL, Inc, 1965.
- Gupta, H., and Roy, S., *Geothermal Energy: An Alternative Resource For The 21ST Centur*: Oxford, Elsevier, 2007.
- Gupta, H dan Sukanta, R. *Geothermal Energy: An Alternative Resource For The 21th Century*. Elvesier. Amsterdam, 2007.
- Herman, Z Danny. *Potensi Panas Bumi Dan Pemikiran Konservasinya*. Bandung: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2016.
- Hermawan Dudi, dkk., *Kajian Panas Bumi Non Vulkanik Daerah Sulawesi Bagian Tenggara*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 2011.
- Hermawan, D., dan Yushantarti, A., *Geologi dan Geokimia Panas Bumi Daerah Pohon Batu, Provinsi Maluku*. Bandung: Pusat Sumber Daya Geologi, Kelompok Penyelidikan Panas Bumi, 2010.

- Heryana, Aidil, *Mukjizat Al-Qur'an Terungkap: Ada Kobaran Api DI Dasar Laut*. <http://m.voa-islam.com/news/citizens-jurnalism/2010/03/17/3973/bukti-mukjizat-al-qur'anada-kobaran-api-do-dasar-laut/> (Diakses 25 Februari 2018)
- Hidayat, N dan Basid, A. *Analisis Anomali Gravitasi Sebagai Acuan Dalam Penentuan Struktur Geologi Bawah Permukaan Dan Potensi Geothermal*, Jurnal Neutrino, Vol. 4, No. 1, 2011.
- Hochstein, M.P., and P.R.L, Browne. *Surface Manifestation of Geothermal System with Volcanic Heat Source*. Encyclopedia of Volcanoes, 2000.
- Ismayanti, M. Skripsi S1: *Pemetaan Struktur Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi "MG" Dengan Metode Gravitasi*. Makassar: UNHAS, 2014.
- Interpid Geophysics. *Gravity Corrections*. 2012.
- Kasbani. Dahlan. *Potensi Dan Wilayah Kerja Panas Bumi Tahun 2008*. Pusat Sumber Daya Geologi, 2008.
- Kasbani. *Tipe Sistem Panas Bumi Di Indonesia Dan Estimasi Potensi Energinya*. Pusat Sumber Daya Geologi, 2010.
- Kementrian Agama RI, *Al-Qur'an dan terjemahannya*. Jakarta, 2012.
- Kiusalaas, J. *Numerical Methods in Engineering with MATLAB*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2010.
- KristantoAry, Surya Dendi, dan Joni Wiwid, *Penyelidikan Geofisika Terpadu Gaya Berat , Geomagnet, Dan Geolistrik Daerah Panas Bumi Riso Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat*, 2011.
- Moetamar, Simangunan Hotma, Sihombing H Selo, *Investasi Dan Evaluasi Mineral Logam Di Daerah Kabupaten Konawe (Kendari) Dan Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara*. DIM, 2005.
- Reynold, J. M., *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. England: Jhn Wiley and Sons Inc, 1997.
- Raehayanti, Rachmansyah A., Maryanto S., *Studi Potensi Energi Geothermal Blawan-Ijen, Jawa Timur Berdasarkan Metode Gravity*. Jurnal Neutrino Vol. 6, No. 1, 2013.
- Rusmana E., Sukido, Sukarna, D., Haryono, E. & Simanjuntak T.O., *Peta Geologi Lembar Lasusua – Kendari, Sulawesi, skala 1:250.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1985.
- Saptadji, N,M., Diktat Kuliah: *Teknik Panas Bumi*. Bandung: ITB, 2002.

- Sari, M.N. Skripsi S1: *Identifikasi dan Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Daerah Panasbumi "A" Menggunakan Analisis First Horizontal Derivative, Euler Deconvolution Dan Second Vertical Derivative*. Depok: Universitas Indonesia, 2016.
- Sari, Indah Permata. *Studi Komparasi Metode Filtering Untuk Pemisahan Anomali Regional dan Residual Dari Data Anomali Bouguer*. Depok: Universitas Indonesia, 2012.
- Sharma, Prem V. *Environmental and Engineering Geophysics*. Cambridge University Press, 1997.
- Shihab, M. Quraish. *Tafsir Al Misbah: pesan, kesan dan keserasian Al-Qur'an /M. Quraish Shihab*. Jakarta: Lentera Hati, 2002.
- Sundhoro, dkk. *Survei Panas Bumi Terpadu (Geologi, Geokimia Dan Geofisika) Daerah Hu'u, Kabupaten Dompu, Provinsi Nusa Tenggara Barat*. Subdit Panas Bumi. 2005.
- Surono, *Geologi Lengan Tenggara Sulawesi*, Badan Geologi Kementrian Sumber Daya Mineral. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 2010.
- Suparno, supriyanto. *Energi Panas bumi A Present From The Heart Of The Earth Edisi 1*. Depok: Universitas Indonesia. 2009.
- Suryatini, Diktat Kuliah: *Pengenalan Sistem dan Teknologi Panas Bumi*. Bandung: ITB, 2010.
- Syamsuriadi, Skripsi S1: *Penentuan Struktur Bawah Permukaan Kota Makassar dengan Menggunakan Metode Gaya Berat (Gravity)*. Makassar: UNHAS, 2013.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sherif, R.E Dan Keys, D. D. *Applied Geophysics First Edition*. New York: Cambridge University Press. Cambridge, 1988.
- Tillery, Bill W. Enger, Eldon D. Ross, Frederick C. *Integrated Science Third Edition*. New York: McGraw-Hill. 2007.
- Unwin, D.J. *An Introduction to Trend Surface Analysis*. London: Institute of British Geoghrapers: 1978.
- Wahid, A. Muh. Fais. *Eksplorasi Mataair Panas dengan Metode Geokimia dan Geolistrik Resistivitas Daerah Kabupaten Pinrang*. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin. 2017.
- Wahyuningsih, Rina. *Potensi Dan Wilayah Kerja Pertambangan Panas Bumi Di Indonesia*. Subdit Panas Bumi. 2005.

- Zain, M.A., Skripsi S1: *Studi Penerapan Metode Derivatif Pada Data Potensial Gravitasi Di Daerah Prospek Sistem Panas Bumi*. Depok: Universitas Indonesia, 2015.
- Zarkasyi, A., Supriadi, Y., Munandar, A. *Survei Terpadu Gaya Berat dan Audio Magnetotellurik (AMT) Daerah Panas Bumi Pohon Batu, Kabupaten Seram Bagian Barat Dan Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku*. Bandung, PSDG: Pusat Sumber Daya Geologi, Kelompok Penyelidikan Panas Bumi, 2015.
- Zhou X., Zhong B., Li X., *Gravimetric Terrain Correction by Triangular Element Method, Geophysics*, vol. 55, pp. 232-238., 1990.
- Zulfakriza. *Pemodelan Geofisika*. <http://seisnote.blogspot.co.id/> (Diakses tanggal 22 November 2019)



RIWAYAT HIDUP



Nur Aida Rahima Sam putri tunggal dari 4 bersaudara anak dari pasangan bapak Salerang dan ibu Muliati yang lahir di Kec. Lasusua Kab. Kolaka Utara pada hari Minggu, 16 Juli 1995. Penulis memulai pendidikan pada tahun 2001 di SDN 2 Lasusua, kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Lasusua pada tahun 2007 dan kembali melanjutkan pendidikan pada tahun 2010 di SMK Farmasi Yamasi Makassar.

Pada tahun 2013 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
M A K A S S A R



DATA SEKUNDER

Data gravity pada penelitian ini merupakan data gravity pada tanggal 3 Januari tahun 1900 pada jam 18 lewat 06 menit 00 detik hingga tanggal 13 bulan Agustus tahun 1928 pada jam 18 lewat 06 menit 00 detik. Jumlah titikdata yang diolah sebanyak 10.452 datum dengan titik pengamatan dibatasi oleh koordinat $3^{\circ}28'7,38''$ $-3^{\circ}37'33,68''$ LS dan $120^{\circ}52'50,04''$ $-121^{\circ}9'0,12''$.

No.	Bujur (m)	Lintang (m)	Gravity Observasi (mGal)	Free Air Anomaly (mGal)
1	265290.2	9599049	978103.1	68
2	265512.4	9599050	978103.4	68.03
3	265734.7	9599051	978103.8	68.07
4	265956.9	9599051	978104.1	69
5	266179.2	9599052	978104.4	69.02
6	266401.4	9599052	978104.7	69.06
7	266623.7	9599053	978105.2	70.01
8	266846	9599053	978105.2	70.02
9	267068.2	9599054	978105.6	70.07
10	267290.5	9599054	978106.2	71.03
11	267512.7	9599055	978107.3	72.04
12	267735	9599055	978108.3	73.04
13	267957.2	9599056	978109.6	74.07
14	268179.5	9599056	978110.6	75.06
15	268401.7	9599057	978111.8	76.08
16	268624	9599057	978112.9	78
17	268846.3	9599058	978113.8	78.09
18	269068.5	9599058	978114.7	79.08
19	269290.8	9599059	978115.2	80.02
20	269513	9599059	978115.8	80.09
21	269735.3	9599060	978116.2	81.02
22	269957.5	9599060	978116.2	81.04
23	270179.8	9599061	978116.2	81.03
24	270402	9599061	978116.2	81.04
25	270624.3	9599062	978116.4	81.05
26	270846.5	9599062	978116.6	81.07
27	271068.8	9599063	978116.8	81.09
28	271291	9599063	978116.8	82
29	271513.3	9599064	978117.3	82.05
30	271735.5	9599064	978117.5	82.07



PENGOLAHAN DATA DI EXCEL

Dari data gravitasi observasi dan FAA dilakukan koreksi anomali bougeur (Persamaan 2.13), koreksi lintang (Persamaan 2.10) dan koreksi *terrain* menggunakan *software Global Mapper dan Oasis Montaj* hasilnya diinput kembali ke *Excel* hingga diperoleh nilai Anomali Bouguer Lengkap (Persamaan 2.15)

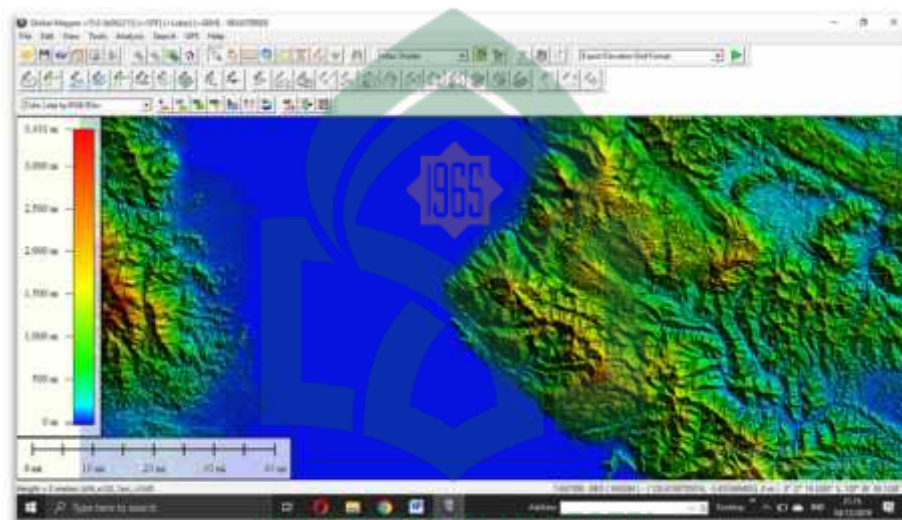
N0.	Bujur (m)	Lintang (m)	Elevasi (m)	Gravity Observasi (mGal)	Free Air Anomaly (mGal)	Koreksi Lintang (mGal)	Koreksi Bouger (mGal)	Anomali Bouger (mGal)	Koreksi Terrain (mGal)	ABL (mGal)
1.	265290.2	9599049	0	978103.1	68	9780533	0	117.783	2.4219	120.2048742
2.	265512.4	9599050	0	978103.4	68.03	9780533	0	118.113	2.4365	120.5494742
3.	265734.7	9599051	0	978103.8	68.07	9780533	0	118.553	2.4521	121.0050742
4.	265956.9	9599051	0	978104.1	69	9780533	0	119.783	2.4688	122.2517742
5.	266179.2	9599052	0	978104.4	69.02	9780533	0	120.103	2.4876	122.5905742
6.	266401.4	9599052	0	978104.7	69.06	9780533	0	120.443	2.5082	122.9511742
7.	266623.7	9599053	0	978105.2	70.01	9780533	0	121.893	2.5302	124.4231742
8.	266846	9599053	0	978105.2	70.02	9780533	0	121.903	2.5537	124.4566742
9.	267068.2	9599054	0	978105.6	70.07	9780533	0	122.353	2.5803	124.9332742
10.	267290.5	9599054	0	978106.2	71.03	9780533	0	123.913	2.6114	126.5243742
11.	267512.7	9599055	0	978107.3	72.04	9780533	0	126.023	2.6424	128.6653742
12.	267735	9599055	0	978108.3	73.04	9780533	0	128.023	2.6746	130.6975742
13.	267957.2	9599056	0	978109.6	74.07	9780533	0	130.353	2.7102	133.0631742
14.	268179.5	9599056	0	978110.6	75.06	9780533	0	132.343	2.7488	135.0917742
15.	268401.7	9599057	0	978111.8	76.08	9780533	0	134.563	2.7901	137.3530742
16.	268624	9599057	0	978112.9	78	9780533	0	137.583	2.8329	140.4158742
17.	268846.3	9599058	0	978113.8	78.09	9780533	0	138.573	2.8764	141.4493742

18.	269068.5	9599058	0	978114.7	79.08	9780533	0	140.463	2.9235	143.3864742
19.	269290.8	9599059	0	978115.2	80.02	9780533	0	141.903	2.9751	144.8780742
20.	269513	9599059	0	978115.8	80.09	9780533	0	142.573	3.0282	145.6011742
21.	269735.3	9599060	0	978116.2	81.02	9780533	0	143.903	3.0839	146.9868742
22.	269957.5	9599060	0	978116.2	81.04	9780533	0	143.923	3.1416	147.0645742
23.	270179.8	9599061	0	978116.2	81.03	9780533	0	143.913	3.2038	147.1167742
24.	270402	9599061	0	978116.2	81.04	9780533	0	143.923	3.2689	147.1918742
25.	270624.3	9599062	0	978116.4	81.05	9780533	0	144.133	3.3383	147.4712742
26.	270846.5	9599062	0	978116.6	81.07	9780533	0	144.353	3.4116	147.7645742
27.	271068.8	9599063	0	978116.8	81.09	9780533	0	144.573	3.4918	148.0647742
28.	271291	9599063	0	978116.8	82	9780533	0	145.483	3.5805	149.0634742
29.	271513.3	9599064	0	978117.3	82.05	9780533	0	146.033	3.6738	149.7067742
30.	271735.5	9599064	0	978117.5	82.07	9780533	0	146.253	3.7767	150.0296742
31.	271957.8	9599065	0	978118.1	83.03	9780533	0	147.813	3.8878	151.7007742
32.	272180	9599065	0	978118.8	83.07	9780533	0	148.553	4.0018	152.5547742
33.	272402.3	9599066	0	978118.7	83.06	9780533	0	148.443	4.111	152.5539742
34.	272624.5	9599066	0	978118.9	83.07	9780533	0	148.653	4.232	152.8849742
35.	272846.8	9599067	0	978119.1	84	9780533	0	149.783	4.3835	154.1664742
36.	273069	9599067	0	978117.6	84	9780533	0	148.283	4.6172	152.9001742
37.	273291.3	9599068	5.484334	978115.4	82.07	9780533	0.613695	143.5393	5.052	148.5912788
38.	273513.5	9599068	35.76728	978105.9	86	9780533	4.002348	134.5806	6.1014	140.6820259
39.	273735.8	9599069	116.6676	978094.7	92.02	9780533	13.05507	120.3479	6.5774	126.9253032
40.	273958	9599069	61.76313	978101.3	88.02	9780533	6.911276	129.0917	5.5087	134.6003985
41.	274180.3	9599070	67.32518	978100.1	87.02	9780533	7.533667	126.2693	5.7709	132.0402071
42.	274402.5	9599070	104.7847	978089.9	92.08	9780533	11.72538	116.9376	6.3825	123.3200933

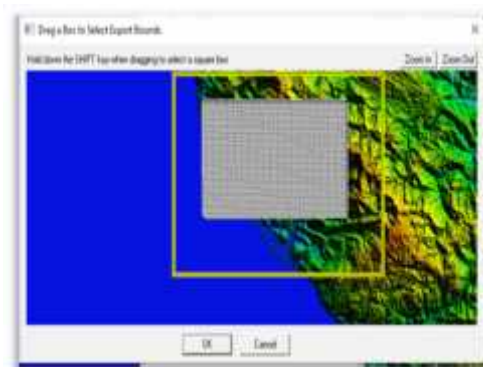
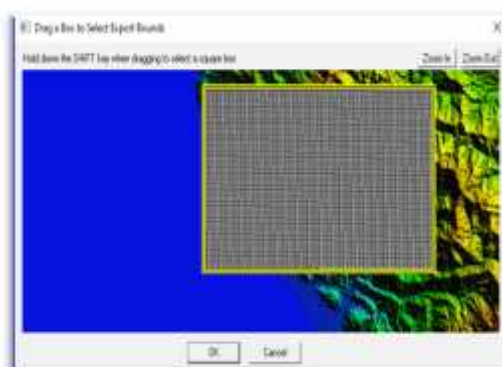
PENGOLAHAN DATA DI SOFTWARE GLOBAL MAPPER 15

Untuk mendapatkan hasil nilai koreksi anomali terrain maka dilakukan pengolahan pada *software Global Mapper 15* dan *Oasis Montaj 8.4*. Data yang diinput pada *Global Mapper* adalah data SRTM daerah penelitian yang telah di download dan data titik pengukuran yaitu nilai Lintang dan Bujur untuk mendapatkan zona luar dan zoan dalam daerah penelitian.

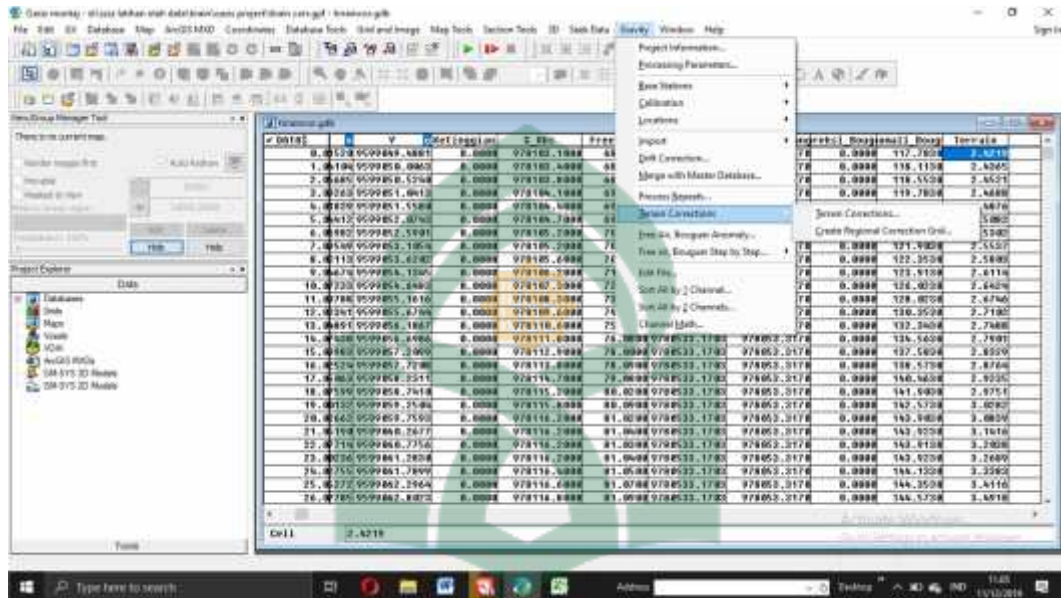
SRTM Daerah Sulawesi Tenggara



Zona Dalam Zona Luar



Setelah mendapatkan nilai zona luar dan zona dalam pada *Global Mapper* selanjutnya diolah lagi menggunakan *Oasis Montaj* dengan menu *gravity.omn* untuk mendapatkan nilai anomali terrain. Data yang diimport pada *Oasis Montaj* adalah data hasil pengolahan pada *Excel*.



PENGOLAHAN DATA PADA SOFTWARE MATLAB R2013b

Pemisahan anomali regional dan anomali residual dengan menggunakan metode *Trend Surface Analysis* (TSA). Pemisahan anomali regional dan anomali residual dilakukan menggunakan *software Matlab* dengan menginput persamaan polinomial orde 1 hingga orde 3.

Berikut adalah M-File bahasa pemrograman yang digunakan pada *Matlab*.

Trend Surface Analysis

```
clear all
%clc
%=====

% difitting dengan persamaan
% z = c1 + c2 x + c3 y
[namafile,direktori]=uigetfile('*.txt','Load Data File');
eval(['cd '' direktori ''']);
eval(['data1=load('' namafile '')']);
x=data1(:,1);
y=data1(:,2);
z=data1(:,3);

lx=length(x);ly=length(y);lz=length(z);

if lx ~= ly
    fprintf('dimensi data salah'); break
elseif ly ~= lz
    fprintf('dimensi data salah'); break
elseif lx ~= lz
    fprintf('dimensi data salah'); break
end

% koefisien-koefisien matriks A

A=zeros(3,3);
a1 =lx;
a2 =sum(x);
a3 =sum(y);
a4 =sum(x);
a5 =sum(x.^2);
a6 =sum(x.*y);
a7 =sum(y);
a8 =sum(x.*y);
a9 =sum(y.^2);

A=[a1    a2    a3 ;
    a4    a5    a6 ;
```

```

    a7    a8    a9 ]

k1 =sum(z);
k2 =sum(z.*x);
k3 =sum(z.*y);

k=[k1 ;k2 ;k3 ]

% Singular Value decomposition

[U,S,V]=svd(A)

c=U'*k

for i=1:3,
    soly(i,1)=c(i)/S(i,i);
end

fprintf('solusi persamaan AX=K');
solx=V*soly

%error dari svd geseran solusi x
fprintf('error dari solusi X');
er=A*solx-k

solx

% koefisien dimasukkan kembali ke fungsi

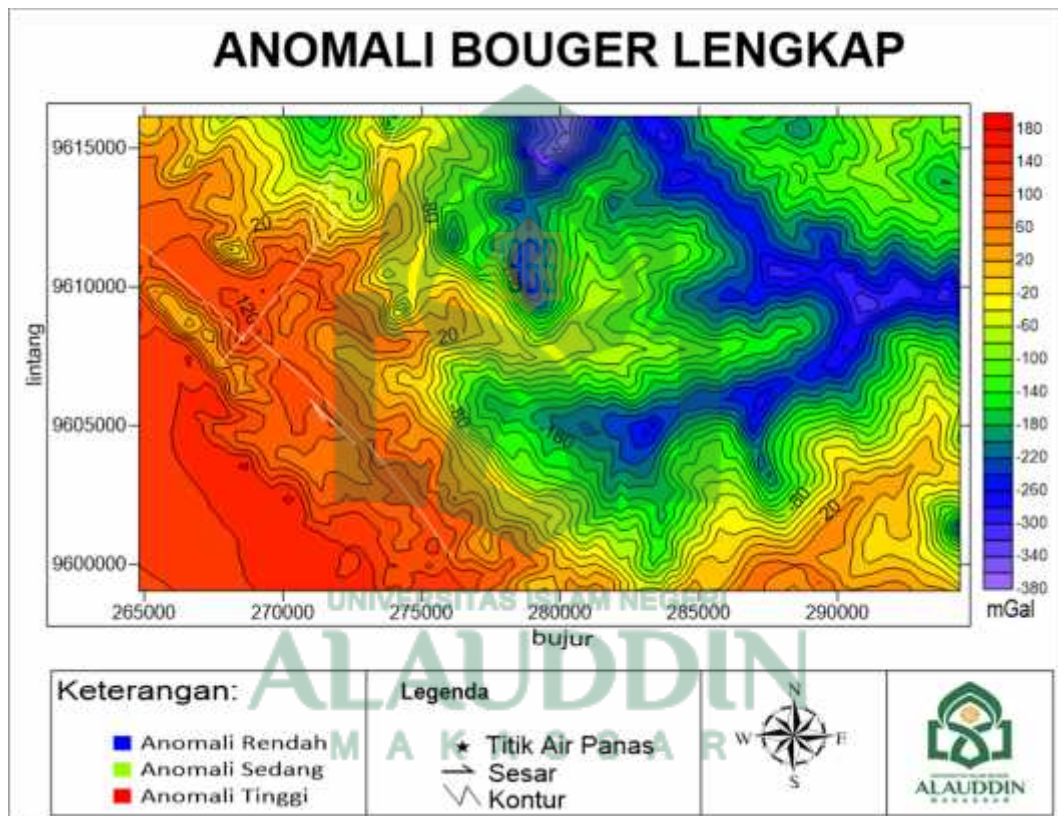
for i=1:lx,;
    zf(i)= solx(1) + solx(2)*x(i) + solx(3)*y(i);
end
fprintf('regional data adalah...');
zf
% perhitungan residual

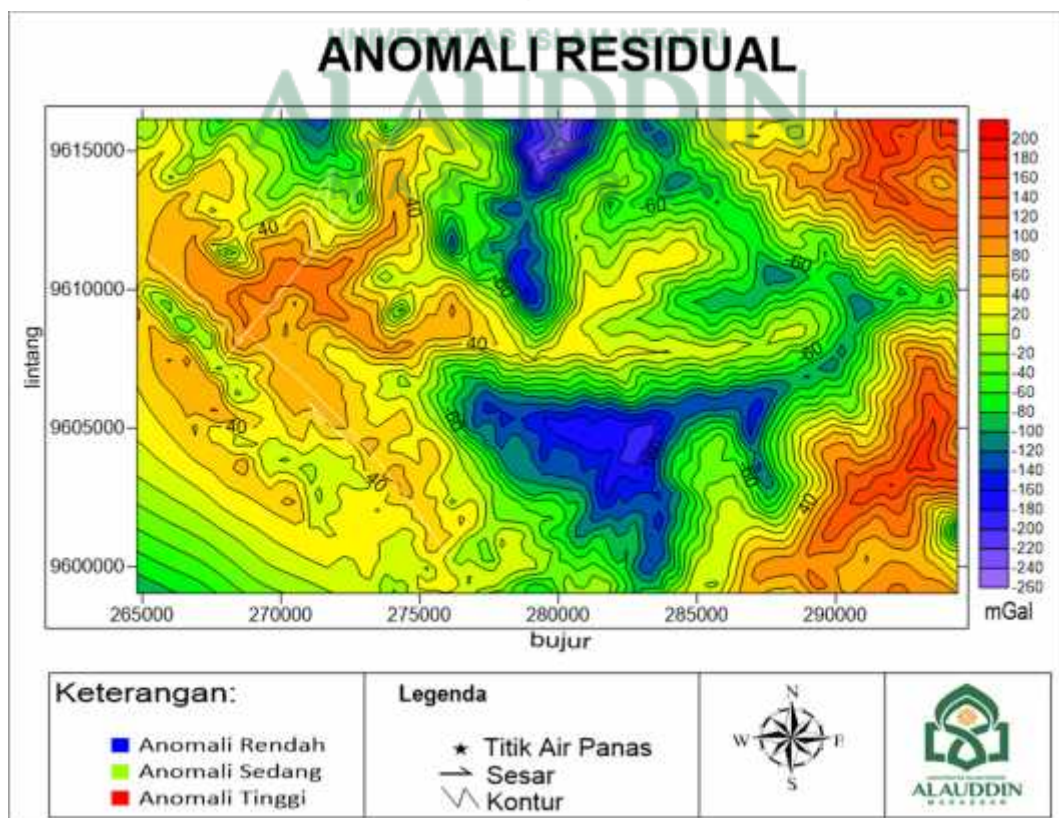
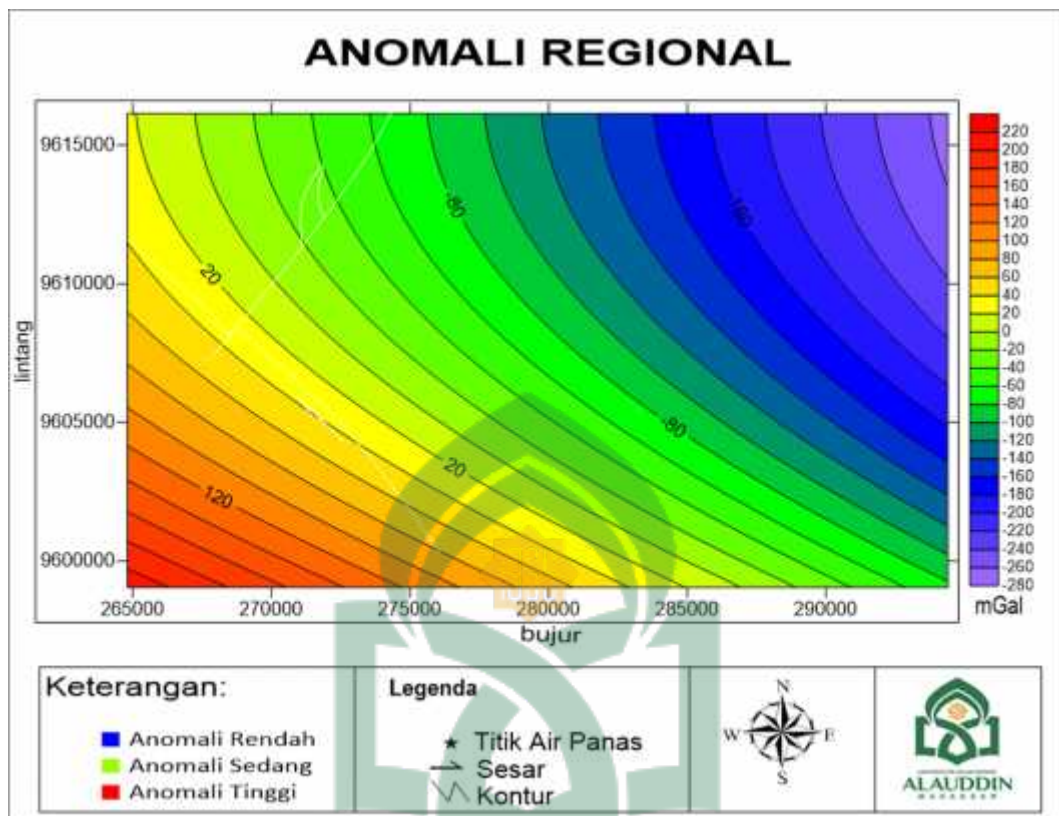
for i=1:lx,
    resz(i)=z(i)-zf(i);
end
fprintf('residual data adalah...');
resz
% simpan data residual ke file
%[namafile,direktori]=uiputfile('*.txt','Simpan Hasil Sebagai');
%eval(['cd '' direktori '';']);
%namafile=[namafile];
%fout=fopen(namafile,'w');

```

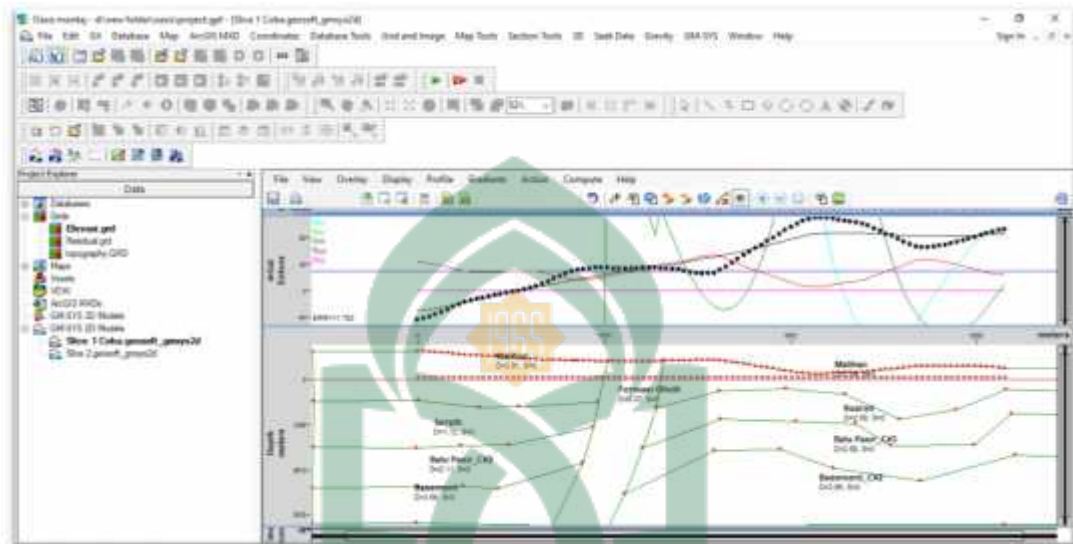
PENGOLAHAN PADA *SURFER 11*

Setelah mendapatkan nilai anomali bueguer lengkap, anomali residual dan anomali regional selanjutnya membuat peta pada *software Surfer 11* untuk melihat kontur sebaran anomali pada daerah penelitian. Data yang diinput pada *Surfer* adalah nilai bujur, lintang dan anomali bueguer lengkap, begitupun dengan animal regional dan anomali residual.





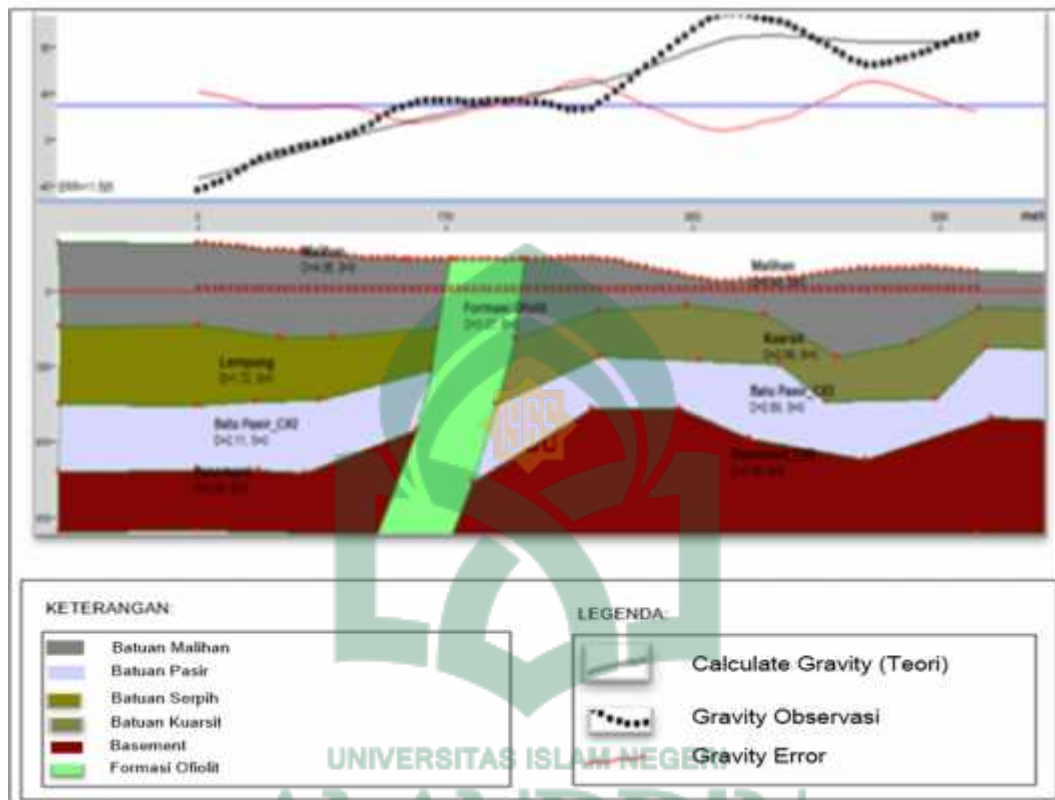
Setelah mendapatkan nilai anomali residual maka dilakukan *slicing* menggunakan *software oasis montaj* menggunakan menu *GM-SYS* untuk melakukan pemodelan struktur bawah permukaan pada daerah penelitian.



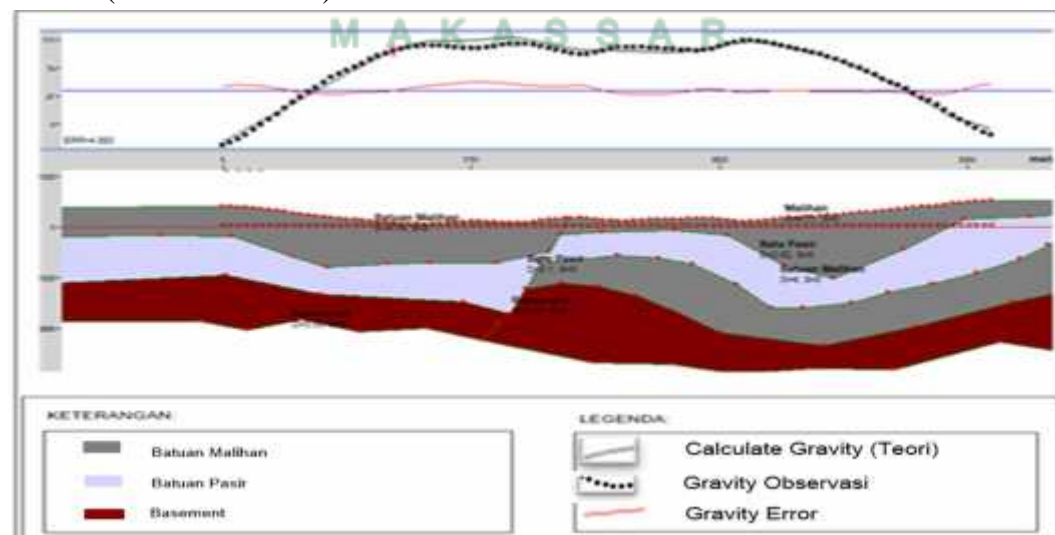


HASIL PEMODELAN BAWAH PERMUKAAN

Slice 1 (Lintasan S1-S1')



Slice 2 (Lintasan S2-S2')



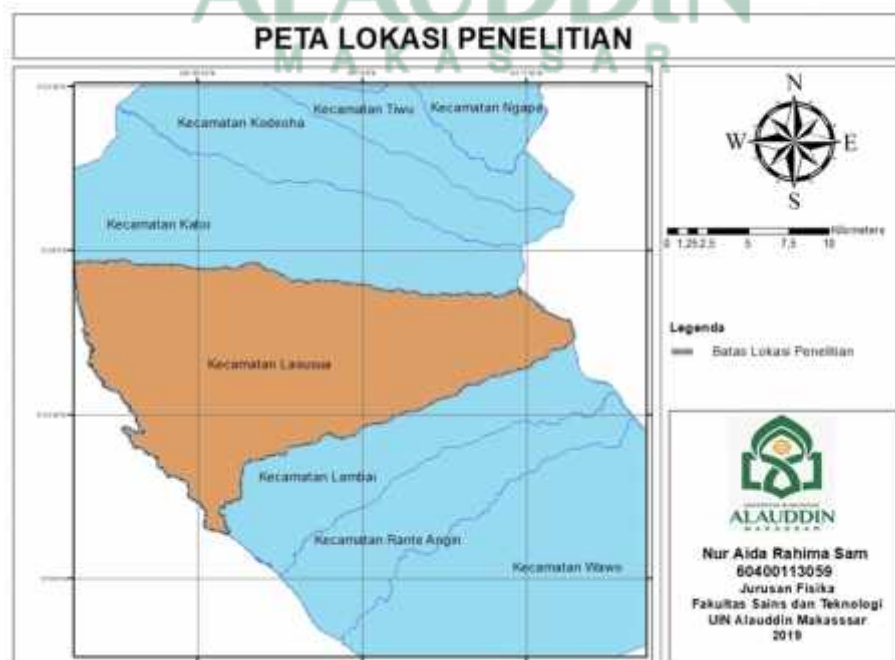


PETA

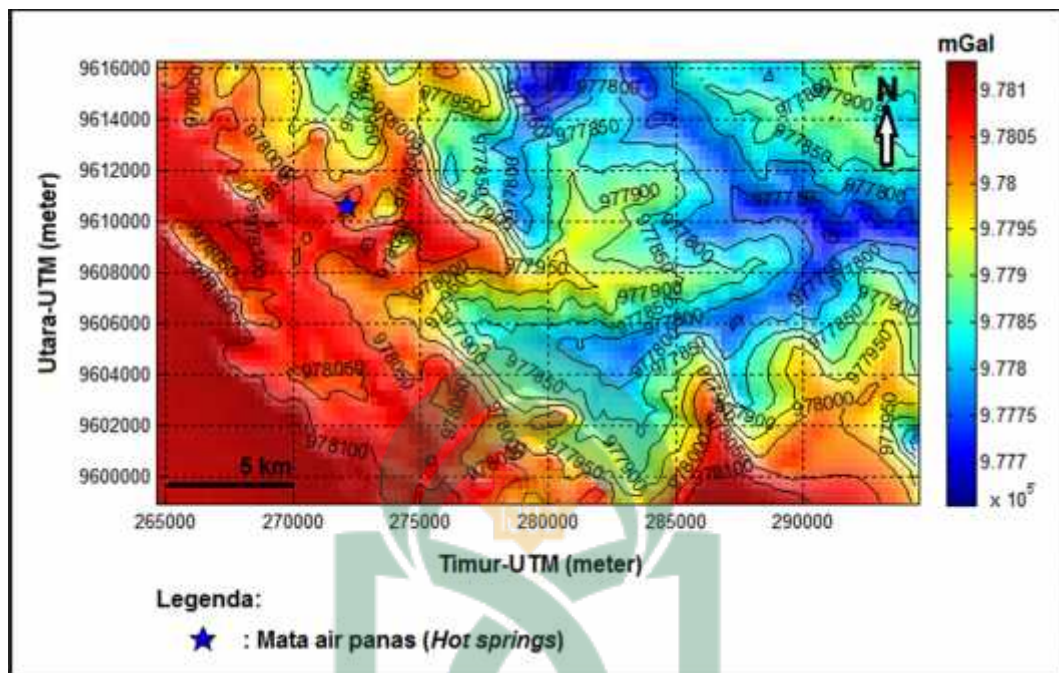
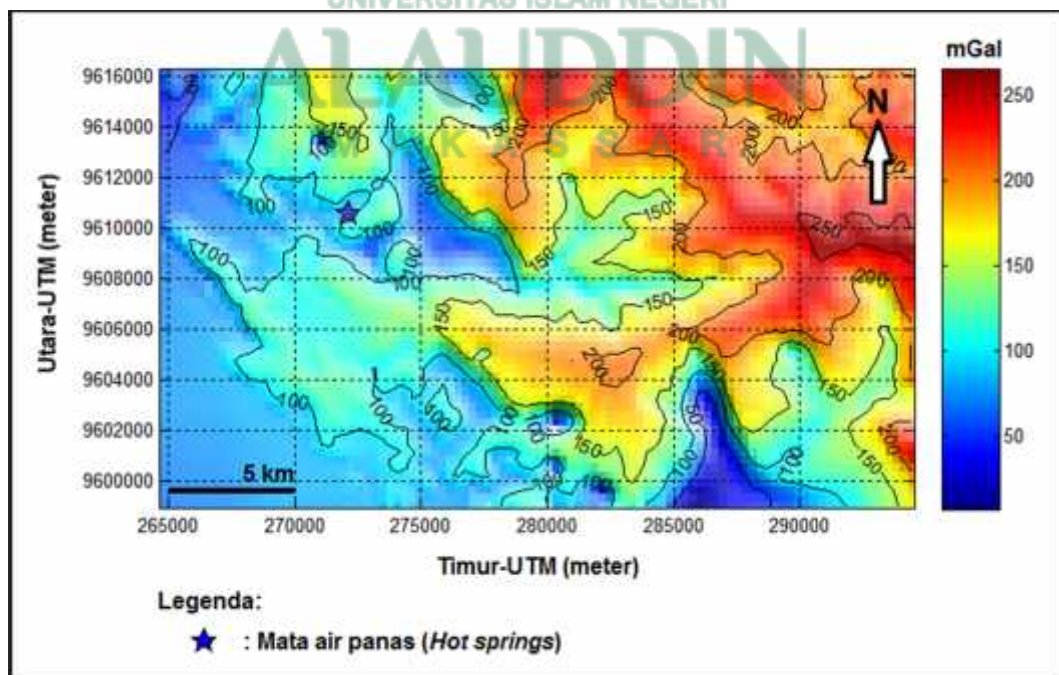
Peta Geologi Regional Kec. Lasusua



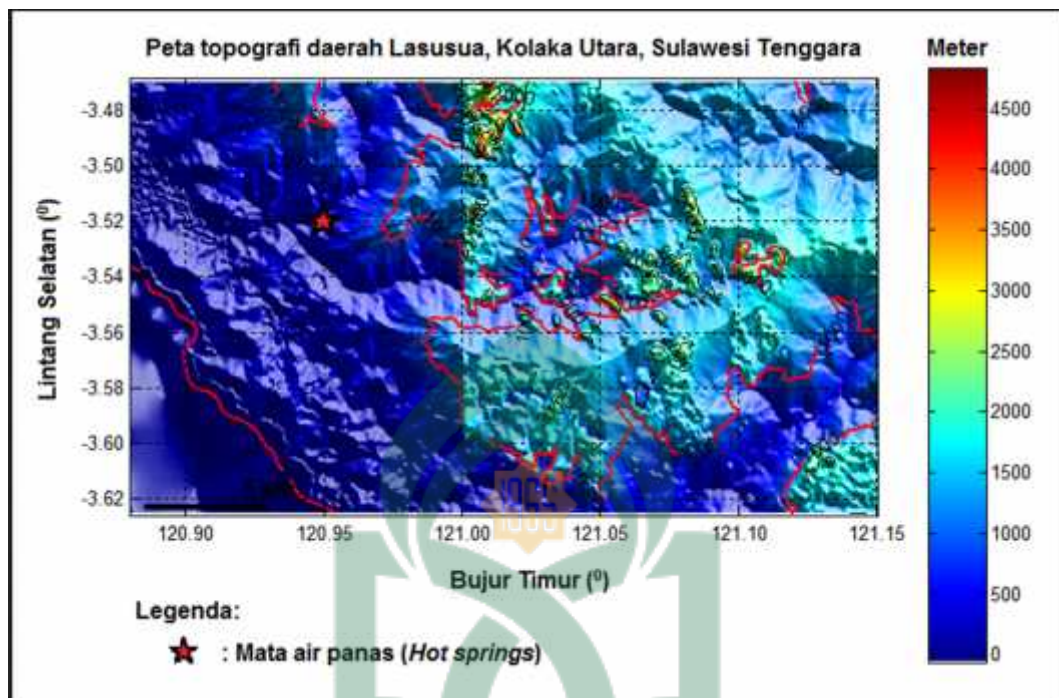
Peta Lokasi Penelitian



Peta Medan Gravitasi Bumi Lasusua

Peta Anomali Udara Bebas (*Free Air Anomaly*) Lasusua

Peta Topografi Lasusua







**KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
NOMOR : 2814 TAHUN 2017**

TENTANG

**PEMBIMBING DALAM PENELITIAN DAN PENYUSUNAN SKRIPSI MAHASISWA
JURUSAN FISIKA FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR**

DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI UIN ALAUDDIN MAKASSAR

- Membaca** : Surat Permohonan Jurusan FISIKA Fakultas Sains & Teknologi UIN Alauddin Makassar, Nama **NUR AIDA RAHIMA SAM** NIM : 60400113058 tanggal **05 Desember 2017** untuk mendapatkan Pembimbing Skripsi dengan Judul : **"Analisa Dan Permodelan Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Metode Gaya Berat Di Daerah Panas Bumi Watu Mokula (Desa Batuganda, Kec. Lasusua, Kab. Kolaka Utara)"**
- Menimbang** : a. Bahwa untuk membantu penelitian dan penyusunan skripsi mahasiswa tersebut dipandang perlu untuk menetapkan pembimbing dalam penelitian dan penyusunan skripsi mahasiswa tersebut diatas.
- b. Bahwa mereka yang ditetapkan dalam surat keputusan ini dipandang cakap dan memenuhi syarat untuk diserahkan tugas sebagai pembimbing penyusunan skripsi mahasiswa tersebut diatas.
- Mengingat** : 1. Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-undang Nomor 17 tahun 2003 Tentang Keuangan Negara;
3. Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
4. Peraturan Menteri Agama RI No. 1 Tahun 2012 Tentang Perubahan Ketiga Atas Peraturan Menteri Agama Nomor 2 Tahun 2006 Tentang Mekanisme Pelaksanaan Pembayaran Atas Beban Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara di lingkungan Kementerian Agama;
5. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 25 Tahun 2013 jo. Peraturan Menteri Agama Nomor 85 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Alauddin Makassar;
6. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 20 Tahun 2014 jo. Peraturan Menteri Agama Nomor 8 Tahun 2016 Tentang Statuta UIN Alauddin Makassar;
7. Keputusan Menteri Agama Nomor 269 Tahun 1993 jo. Nomor 202 B tahun 1998 Tentang pemberian Kuasa dan Pendelegasian Wewenang Menandatangani Surat Keputusan;
8. Keputusan Menteri Keuangan Nomor 330/KMK/05/ Tahun 2008 Tentang Penetapan UIN Alauddin Makassar pada Depag Sebagai Institusi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Badan Layanan Umum (BLU);
9. Keputusan Rektor UIN Alauddin Makassar No. 200 tahun 2016 tentang Pedoman Edukasi UIN Alauddin Makassar.
- MEMUTUSKAN**
- Pertama** : Mengangkat/ Menunjuk saudara:
1. **Muh. Said L. S.Si., M.Pd.** sebagai Pembimbing Pertama.
2. **Ayusari Wahyuni, S.Si., M.Sc.** sebagai Pembimbing Kedua.
- Kedua** : Tugas Pembimbing dalam penelitian dan penyusunan skripsi mahasiswa adalah memeriksa draft skripsi dan naskah skripsi, memberi bimbingan, petunjuk-petunjuk, perbaikan mengenai materi, metode, bahasa dan kemampuan menguasai masalah.
- Ketiga** : Segala biaya yang timbul akibat dikeluarkannya surat keputusan ini dibebankan kepada Anggaran Belanja Fakultas Sains & Teknologi UIN Alauddin Makassar.
- Keempat** : Surat Keputusan ini mulai berlaku syak tanggal ditetapkan dan apabila dikemudian hari terdapat kekeliruan di dalamnya akan diperbaiki sebagaimana mestinya.
- Kelima** : Surat Keputusan ini disampaikan kepada masing-masing yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan dengan penuh tanggungjawab.

Ditetapkan di : Makassar
Pada tanggal : 05 Desember 2017



Prof. Dr. W. Arifuddin, M.Ag.
NIP. 196902051993031001



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN MAKASSAR
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Kampus I : Jl. Sultan Alauddin No. 63 Makassar ■ (0411) 868720, Fax (0411) 864923
Kampus II : Jl. H. M. Yasin Limpo No. 36, Romangpocong-Gowa ■ (0411) 841879, Fax (0411) 8221400

Nomor : 2336/UIN.06/FST/PP.00.9/03/2018
Sifat : Penting
Lamp : -
Hal : Undangan Seminar Proposal Skripsi

Samata Gowa, 22 April 2018

Kepada Yth.
Bapak/Ibu Dosen /Mahasiswa (i)
Di -
Makassar

Assalamu Alaikum Wr. Wb.

Dengan hormat, kami mengundang Bapak/Ibu/Mahasiswa (i) untuk menghadiri Seminar Proposal Skripsi Mahasiswa :

Nama : Nur Alda Rahima Sam
NIM : 60400113059
Jurusan : FISIKA
Judul Skripsi : "Studi Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Metode Gaya Berat di Daerah Panas Bumi Kec. Lasusua Kab. Kolaka Utara"

Yang Insya Allah akan dilaksanakan pada :
Hari/Tanggal : Rabu / 23 Mei 2018
Waktu : 09.00-10.00 Wita
Tempat : Fakultas Sainstek UIN Alauddin Makassar

Demikian atas perhatian dan kehadirannya diucapkan terima kasih.

Wassalam
Dekan

Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag
NIP. 19691205 199303 1 001

Tembusan :
Mahasiswa Ybs.



**KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
NOMOR : 1136 TAHUN 2018**

**TENTANG
PANITIA SEMINAR PROPOSAL PENELITIAN DAN PENYUSUNAN SKRIPSI MAHASISWA
JURUSAN FISIKA FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI UIN ALAUDDIN MAKASSAR**

- Membaca** : Surat Permohonan Ketua Jurusan Fakultas Sains & Teknologi UIN Alauddin Makassar, Nur Aida Rahima Sam NIM 60400113059 tertanggal 17 Mei 2018, untuk melaksanakan seminar proposal.
- Menimbang** : Bahwa untuk pelaksanaan dan kelancaran seminar proposal, perlu dibentuk panitia seminar proposal dan penyusunan skripsi.
- Mengingat** : 1. Undang-undang No. 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-undang Nomor 17 Tahun 2003 Tentang Keuangan Negara;
3. Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi;
4. Peraturan Menteri Agama RI No. 1 Tahun 2012 Tentang Perubahan Ketiga atas Peraturan Menteri Agama No. 2 Tahun 2006 Tentang Mekanisme Pelaksanaan Pembayaran atas Beban Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara di Lingkungan Kementerian Agama;
5. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 03 Tahun 2018 Nomor 85 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Alauddin Makassar;
6. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 20 Tahun 2014 jo Peraturan Menteri Agama Nomor 8 Tahun 2016 tentang Statuta UIN Alauddin Makassar;
7. Keputusan Menteri Agama Nomor 289 Tahun 1993 jo Nomor 202 B Tahun 1998 tentang Pemberian Kuasa dan Pendelegasian Wewenang Menandatangani Surat Keputusan;
8. Keputusan Menteri Keuangan No 330/05/2008 Tentang penetapan UIN Alauddin Makassar pada Dep. Agama sebagai Instansi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Badan Layanan Umum (BLU);
9. Keputusan Rektor UIN Alauddin No. 200 tahun 2016 Tentang Pedoman Edukasi UIN Alauddin Makassar.

MEMUTUSKAN

- Menetapkan Pertama** : Membentuk Panitia Seminar Proposal, Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar dengan komposisi :
- Ketua** : Sahara, S.Si., M.Sc., Ph.D
Sekretaris : Ihsan, S.Pd., M.Si
Pembimbing 1 : Muh. Said L, M.Si., M.Pd.
Pembimbing 2 : Ayusari Wahyuni, S.Si., M.Sc.
Penguji 1 : Rahmaniah, S.Si., M.Si.
Penguji 2 : Dr. Hasyim Haddade, M.Ag
Pelaksana : Hapsah, S.T.
- Kedua** : 1. Panitia bertugas melaksanakan seminar proposal, memberi bimbingan, petunjuk-petunjuk, perbaikan mengenai materi, metode, bahasa dan kemampuan menguasai masalah penyusunan skripsi
2. Biaya pelaksanaan seminar proposal penelitian dibebankan kepada anggaran DIPA UIN Alauddin Makassar
3. Apabila dikemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini akan diubah dan diperbaiki sebagaimana mestinya

Surat Keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan dengan penuh tanggungjawab.

Ditetapkan di : Makassar
Pada tanggal : 17 Mei 2018



Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag
NIP. 19691205 19933 1 001



KEMENTERIAN AGAMA RI,
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) ALAUDDIN MAKASSAR
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Kampus I: J. Sultan Alauddin No.63 Telp. 864924 | Fax 864923 |
Kampus II: A. H. M. Yasin Limpo No.36, Rongang Palang Gowa Telp. 1500363
(0411)841679 Fax (0411) 8221400

Nomor : ~~567~~ /Un.6/FST/PP.00.9/12/2019
Sifat : Penting
Lamp :
Hal : Undangan Ujian Kualifikasi Hasil Penelitian
dalam Penyelesaian skripsi

Samata Gowa, 26 Desember 2019

Kepada Yth
Bapak/Ibu/Mahasiswa/i
Di:
Makassar

Assalamu Alaikum Wr. Wb.

Dengan hormat, kami mengundang Bapak/Ibu/Mahasiswa/i) untuk menghadiri
Seminar Hasil Penelitian Mahasiswa.

Nama	: NIJR AJDA RAHMA SAM
NIM	: 60400113059
Jurusan	: Fisika
Judul Skripsi	: Studi Permodelan Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metoda Gaya Serat di Daerah Panas Bumi Kec. Latusua Koti Kolaka

Yang Inya Allah akan dilaksanakan pada :

Hari/Tanggal : Kamis/26 Desember 2019
Waktu : 09.00 - 10.00 Wita
Tempat : Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar

Demikian atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalam
Dehen

Kuasa Nomor : B.4815 /Un.06/FST/Kp.07.6/12/2019
Tanggal 19 Desember 2019



Samsul H. Si., M.Si., Ph.D
NIP. 19640722 199802 2 005

Tembusan :
Mahasiswa ybt.



**KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
NOMOR : 3307 TAHUN 2019**

TENTANG

**PANITIA UJIAN KUALIFIKASI HASIL PENELITIAN DALAM PENYUSUNAN SKRIPSI MAHASISWA
SAINS & TEKNOLOGI UIN ALAUDDIN MAKASSAR**

DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI UIN ALAUDDIN MAKASSAR

- Membaca** : Surat Pemahaman **NUR AIDA RAHMA SAM, NIM 4040013059**, tertanggal **18 Desember 2019**, untuk melaksanakan seminar Hasil.
- Menimbang** : Bahwa untuk pemeriksaan dan kelancaran seminar draft/hasil, perlu dibentuk panitia seminar Hasil dan penyusunan skripsi.
- Mengingat** : 1. Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2003 tentang Keuangan Negara;
3. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
4. Peraturan Menteri Agama RI No. 1 Tahun 2012 tentang Perubahan ketiga atas Peraturan Menteri Agama Nomor 2 Tahun 2006 tentang Mekanisme Pelaksanaan Pembayaran Islam dalam Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara; 5. Undang-Undang Lingkungan Kementerian Agama;
6. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 3 Tahun 2018 tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Alauddin Makassar;
7. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 30 Tahun 2014 jo Peraturan Menteri Agama Nomor 8 Tahun 2016 tentang Uatya UIN Alauddin Makassar;
8. Keputusan Menteri Agama Nomor 289 Tahun 1995 jo Nomor 232 & Tahun 1998 tentang Pemberian Kuasa dan Pendelegasian Wewenang Mandat/mandat dari Surat Keputusan;
9. Keputusan Menteri Keuangan No. 330/05/2008 tentang peralihan UIN Alauddin Makassar pada Dep. Agama sebagai inskasi Pemerintah yang Menerapkan Penghapusan Badan Layanan Umum (BLU);
10. Keputusan Rektor UIN Alauddin No. 200 Tahun 2016 tentang Pedoman Kelembagaan UIN Alauddin Makassar.

MEMUTUSKAN

- Menerapkan Pertama** : Membentuk Dewan Pengji Seminar Hasil Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar dengan komposisi:
- | | |
|--------------|-------------------------------|
| Ketua | : Ihsen, S.Pd., M.Si. |
| Sekretaris | : Sahara, S.Si., M.Sc., Ph.D. |
| Pembimbing 1 | : Muh. Saif I., S.Si., M.Pd. |
| Pembimbing 2 | : Ayman Wahyuni, S.Si., M.Sc. |
| Pengji 1 | : Rohsanul, S.Si., M.Si. |
| Pengji 2 | : Dr. Nasyim Haddade, M.Ag. |
| Relaksasi | : Jusmalyadi, S.T. |
- Kedua** : 1. Panitia bertugas melaksanakan seminar draft/hasil, memberi bimbingan, petunjuk, perbaikan, mengawal materi, metode, bahasa dan kemampuan mengawal masalah penyusunan skripsi.
2. Biaya pelaksanaan seminar draft/hasil, diserahkan kepada anggaran Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
3. Apabila ditemukan hal-hal yang terdapat kesalahan dalam surat keputusan ini akan diuraikan dan diperbaiki sebagaimana mestinya.

Surat Keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan dengan penuh tanggungjawab.

Ditetapkan di: Makassar
Pada tanggal: 18 Desember 2019

Dekan
Kuasa Nomor: B.4815 /Un.06/FST/Kp.07.6/12/2019
Tanggal: 19 Desember 2019

Sjamsir, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 19680722 198802 2 005



**KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
NOMOR : 3341 TAHUN 2019**

TENTANG

**PANITIA UJIAN KOMPREHENSIF
BIDANG FISIKA FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR**

- Membaca : Surat permohonan Ujian Komprehensif dari **MUR AIDA RAHMMA SAM, NIM: 60400118059**
- Mengingat : Bahwa untuk pelaksanaan dan kelancaran ujian komprehensif perlu dibantu panitia ujian
- Mengingat :
1. Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
 2. Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2004 tentang Keuangan Negara;
 3. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
 4. Peraturan Menteri Agama Nomor 1 Tahun 2012 tentang Perubahan Ketiga atas Peraturan Menteri Agama Nomor 2 Tahun 2008 tentang Mekanisme Pelaksanaan Pembelajaran, Proses Belajar Mengajar, Pendidikan dan Belanja Negara di Lingkungan Kementerian Agama;
 5. Peraturan Menteri Agama No. 3, Nomor 3, Tahun 2018 tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Alauddin Makassar;
 6. Peraturan Menteri Agama No. Nomor 20 Tahun 2014 jo Peraturan Menteri Agama Nomor 8 Tahun 2016 tentang Statuta UIN Alauddin Makassar;
 7. Keputusan Menteri Agama Nomor 249 Tahun 1993 jo Nomor 232 B Tahun 1998 tentang Pembentukan Kelembagaan dan Pendidikan Wacana Mendukung Surat Keputusan;
 8. Keputusan Menteri Keuangan No. 323/01/2008 tentang penetapan UIN Alauddin Makassar pada Departemen sebagai lembaga Pemerintah yang Menempatkan Pengeluaran Rata-rata Layak (Bila);
 9. Keputusan Rektor UIN Alauddin No. 100 tahun 2016 tentang Pedoman Edukasi UIN Alauddin Makassar.

MENUTUSKAN

- Menetapkan :
1. **UNIVERSITAS ISLAM NEGERI** (Fakultas Sains dan Teknologi) UIN Alauddin Makassar dengan komposisi:

Ketua : Samudra, S.Si, M.Si, Ph.D.
Sekretaris : Nurman Halib, S.Ag., M.M.
Anggota 1 : Dr. Harym Hidayat, S.Ag., M.Pd.
Anggota 2 : Muli, Saidi, S.Si, M.Pd.
Anggota 3 : Ayman Wahyuni, S.Si, M.Sc.
Anggota 4 : Muhammad Salim, S.Si.

2. Panitia bertugas menyiapkan pelaksanaan administrasi dan pelaksanaan ujian.
3. Biaya pelaksanaan ujian dibebankan kepada anggaran fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
4. Tugas Panitia dianggap selesai setelah seluruh rangkaian kegiatan ujian berakhir.
5. Apabila dikemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini akan diubah dan diperbaiki sebagaimana mestinya.

Surat keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan dengan penuh tanggung jawab.

Ditetapkan di : Makassar
Pada tanggal : 30 Desember 2019



Prof. Dr. Muhammad Halifah Mustami, M.Pd.
NIP. 19710412 200603 1 001



**KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
NOMOR :191 TAHUN 2019**

TENTANG

**DEWAN MUNAQISY DAN PELAKSANA UJIAN SKRIPSI (MUNAQASYAH)
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA
DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN ALAUDDIN MAKASSAR**

Membaca	Surat permohonan	Nur Aida Rahima Sam
	NIM	60400113059
	Tanggal	04 Februari 2020
	Jurusan	Fisika

Untuk melaksanakan Ujian Skripsi Munaqasyah yang berjudul
**"Studi Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Menggunakan
Metode Gaya Berat di Daerah Panas Bumi Kec. Lasusua Kab.
Kolaka Utara"**

- | | |
|-----------|---|
| Menimbang | a. Bahwa Mahasiswa tersebut diatas telah memenuhi persyaratan Ujian Skripsi (Munafasyah) |
| | b. Bahwa untuk kelancaran dan pelaksanaan ujian Skripsi (Munafasyah) perlu menetapkan Dewan Munafisy dan pelaksana dengan surat keputusan Dekan |
| Mengingat | 1. Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional |
| | 2. Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2003 tentang Keuangan Negara |
| | 3. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi |
| | 4. Peraturan Menteri Agama RI No.1 Tahun 2012 tentang Perubahan ketiga atas Peraturan Menteri Agama Nomor 2 Tahun 2008 tentang Mekanisme Pelaksanaan Pembayaran atas Beban Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara di Lingkungan Kementerian Agama |
| | 5. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 3 Tahun 2018 tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Alauddin Makassar |
| | 6. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 20 Tahun 2014 jo Peraturan Menteri Agama Nomor 6 Tahun 2016 tentang Statuta UIN Alauddin Makassar |
| | 7. Keputusan Menteri Agama Nomor 289 Tahun 1993 jo Nomor 202 B Tahun 1998 tentang Pemberian Kuasa dan Pendelegasian Wewenang Menandatangani Surat Keputusan |
| | 8. Keputusan Menteri Keuangan No.330/05/2008 tentang penetapan UIN Alauddin Makassar pada Dep.Agama sebagai instansi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Badan Layanan Umum (BLU) |
| | 9. Keputusan Rektor UIN Alauddin No.200 tahun 2016 tentang Pedoman Edukasi UIN Alauddin Makassar |

Pemrakarsa	Kasubag Akademik
Paraf :	Paraf :

MEMUTUSKAN

- Menetapkan KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI TENTANG DEWAN MUNAQASY DAN PELAKSANA UJIAN SKRIPSI (MUNAQASYAH)
- KESATU Menetapkan Dewan Penguji dan Pelaksana Ujian Skripsi (Munagasyah) Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar dengan komposisi:
- Ketua : Prof. Dr. Muhammad Halifah Mustami, M.Pd.
 Sekertaris : Ihsan, S.Pd., M.Si.
 Pembimbing 1 : Muh. Said L. S.Si., M.Pd.
 Pembimbing 2 : Ayusari Wahyuni, S.Si., M.Sc.
 Penguji 1 : Rahmaniah, S.Si., M.Si.
 Penguji 2 : Dr. Hasyim Haddade, S.Ag., M.Ag.
 Pelaksana : Hadiningsih, S.E.
- KEDUA Tugas Dewan Munagasy dan Pelaksana :
- Ketua adalah memimpin dan membuka sidang ujian munagasyah
 - Sekretaris adalah mencari dan menghimpun hasil ujian
 - Pembimbing adalah menghadiri dan mendampingi Mahasiswa dalam pelaksanaan ujian
 - Penguji adalah menguji Mahasiswa dalam Pelaksanaan ujian Munagasyah
 - Pelaksana adalah mempersiapkan segala sesuatu yang berkaitan dengan pelaksanaan ujian Munagasyah
- KETIGA Ujian Skripsi (Munagasyah) dilaksanakan pada hari dan tanggal: Senin, 10 Februari 2020, Jam 09.00 - 10.00 Wita. Bertempat di Ruang Jurusan Fisika
- KEEMPAT Biaya pelaksanaan ujian dibebankan kepada anggaran Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar
- KELIMA Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan dengan ketentuan apabila di kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam keputusan ini akan diubah dan diperbaiki sebagaimana mestinya
- Surat Keputusan ini dibuat dan disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan dengan penuh rasa tanggung jawab

Ditetapkan di Gowa

Pada tanggal : 04 Februari 2020

DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI



MUHAMMAD HALIFAH MUSTAMI